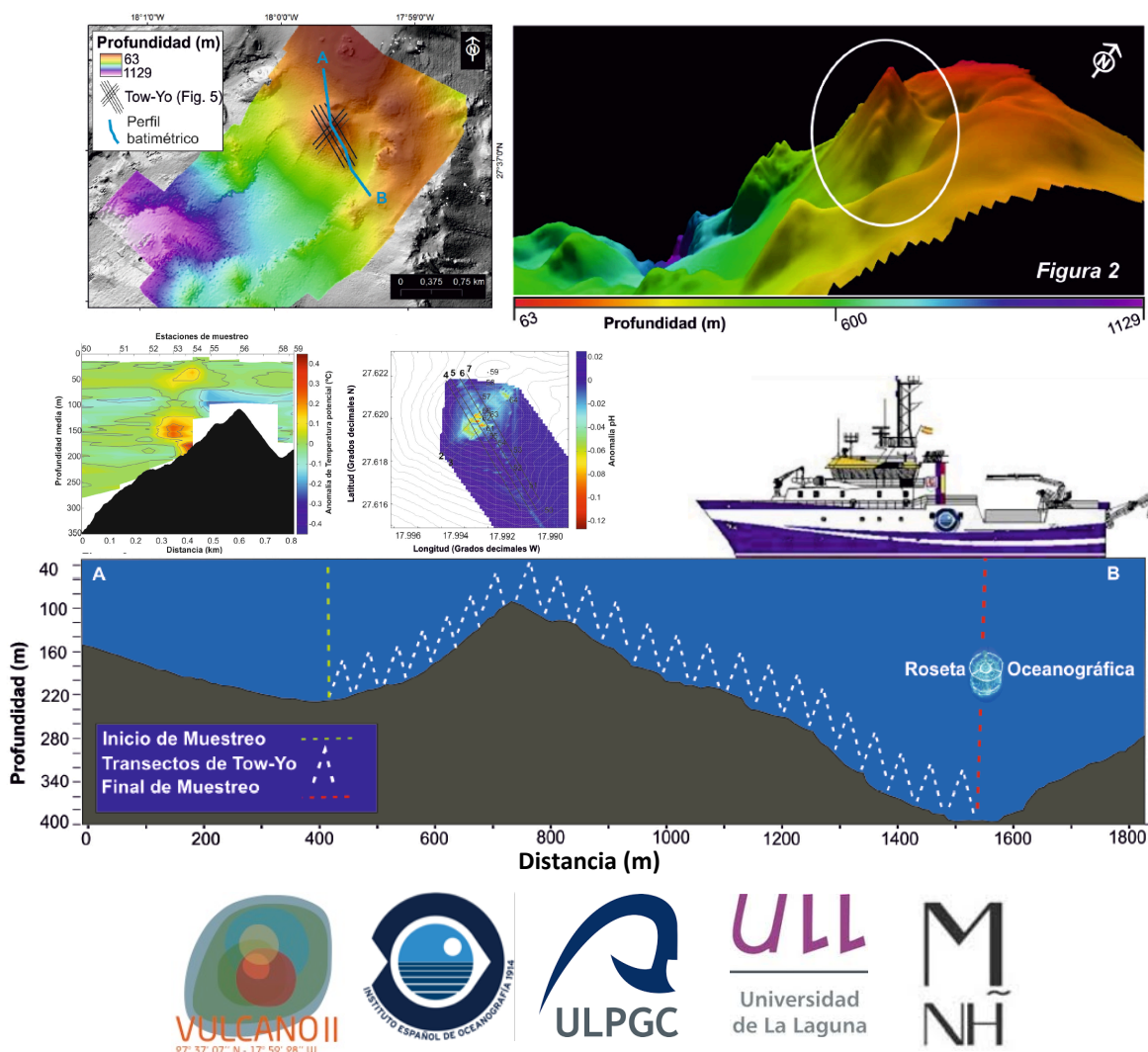


INFORME CAMPAÑA VULCANO-II-1016

“Physico-chemical, biological and geological study of an underwater volcano in a degassing stage: Island of El Hierro, VULCANO-II (CTM2014-51837-R)”.



Fraile-Nuez, E.,¹ Santana-Casiano, J. M.,² Vázquez, J. T.,³ Fernández-Salas, L.M.,⁴ López, N.,³ Gómez-Ballesteros, M.,⁵ Álvarez-Valero, A. M.,⁶ Palomino, D.,³ Tello, O.,⁵ Catalán-Morollón, M.,⁷ Díaz-Marrero, A.R.,⁸ Herrera, I.,¹ Presas-Navarro, C.,¹ Balagué, M.V.,⁹ Castro-Álamo, A.,² Báez-Hernández, M.,² León-Santos, G.S.,¹⁰ Lozano-Bilbao, E.,¹¹ Pozo-Blasco, J.L.,¹²

¹ Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Canarias. ² QUIMA-IOGAG, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. ³ Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Málaga. ⁴ Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Cádiz. ⁵ Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Madrid. ⁶ Departamento de Geología, Universidad de Salamanca. ⁷ Real Observatorio de la Armada, Cádiz. ⁸ Instituto Universitario de Bioorgánica "Antonio González" (IUBO-AG)-CIBICAN. Universidad de La Laguna. ⁹ Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC-ICM). Barcelona. ¹⁰ IOGAG, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. ¹¹ Departamento de Biología Animal y Edafología y Geología. Universidad de La Laguna. ¹² Unidad Tecnología Marina (UTM). Barcelona.



ÍNDICE

ÍNDICE	2
DATOS DE CAMPAÑA	3
OBJETIVO PRINCIPAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS Y METODOLOGÍA	4
Objetivo 1.- Estudio de la variabilidad espacio-temporal de propiedades físicas, químicas y biogeoquímicas.	4
Tarea 1.a. Estudio de la variabilidad espacio-temporal de la salida de calor por los principales focos de actividad	4
Tarea 1.b. Estudio de la variabilidad espacio-temporal del sistema del dióxido de carbono oceánico (salida difusa de gases).	4
Tarea 1.c. Estudio de la variabilidad espacio-temporal de los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes mayoritarios (nitrógeno, fósforo y silicio).	5
Tarea 1.d. Estudio de la variabilidad espacio-temporal del comportamiento de la secuencia redox de especies químicas (oxígeno y azufre).	5
Tarea 1.e. Análisis del contenido de metales pesados (Al, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sr, V, Zn) en las emanaciones difusas de la fase de desgasificación.	6
Objetivo 2.- Evaluación del impacto del proceso eruptivo sobre los niveles tróficos inferiores.	7
Tarea 2.a. Estudio de la abundancia, estado y actividad microbiana.	7
Tarea 2.b. Evaluación del impacto del proceso de desgasificación sobre la distribución, composición y biomasa del mesozooplankton alrededor de los focos activos.	8
Tarea 2.c. Estudio taxonómico de grupos planctónicos asociados a los focos activos de desgasificación (crustáceos, moluscos, quetognatos y medusas).	9
Objetivo 3. Caracterización fisiográfica, morfológica y estructural de los fondos marinos asociados a emisiones submarinas y zonas adyacentes.	9
Tarea 3.a. Identificación y caracterización de las estructuras asociadas a procesos activos.	9
Tarea 3.b. Evaluación del estado de la actividad y de la evolución de estructuras singulares.	10
Tarea 3.c. Identificación y caracterización de geo-hábitats relacionados con la actividad volcánica. Colonización de las construcciones generadas en el último proceso eruptivo.	10
TRABAJOS REALIZADOS	11
Batimetrías:	11
Magnetómetro:	11
Dragas de Arrastre:	13
Estaciones hidrográficas de Control:	14
Tow-yos Largos:	15
Mini Tow-yos:	16
Series Temporales en DP Cráter H1:	16
Transecto de Alta Resolución:	17
Malla de Alta Resolución con mini-series de CTD (HR):	18
Anclaje físico-químico cráter secundario	19
Pescas con WP2 (triple)	20
Aislamiento de microorganismos de muestras de sedimentos e invertebrados bentónicos del volcán Tagoro.	21
RESULTADOS PRELIMINARES	22
Batimetrías:	22
Magnetismo:	24
Magnetismo volcán submarino de Enmedio	24
Magnetismo volcán submarino Tagoro	25
Análisis magnético comparativo: Tagoro vs. campañas ZEEE-2012	27
Dragas de Arrastre:	28
Anomalías físico-químicas:	28
INCIDENCIAS Y APRECIACIONES DURANTE EL MUESTREO:	31
ESTADÍSTICAS DE MUESTREO:	32
POLÍTICA DE DATOS	33
PERSONAL PARTICIPANTE:	33
REPERCUSIÓN MEDIOS:	34



DATOS DE CAMPAÑA

PROYECTO: “Physico-chemical, biological and geological study of an underwater volcano in a degassing stage: Island of El Hierro, VULCANO-II (CTM2014-51837-R)”.

CAMPAÑA: VULCANO1016

BARCO: B/O: “Ángeles Alvariño”

JEFE DE CAMPAÑA: Eugenio Fraile Nuez

ZONA DE TRABAJO: Canarias (El Hierro)

FECHA INICIO: 15 de octubre de 2016*

FECHA FINAL: 31 de octubre de 2016

***nota fechas:**

14 octubre carga de material para los grupos de la ULPGC en Las Palmas de Gran Canaria y 15 de octubre en el puerto de Santa Cruz de Tenerife para el resto de participantes.

20 octubre finalización del leg1 (Geología) y atraque en puerto de La Estaca

21 octubre realización de mini-jornadas de puertas abiertas (5º aniversario del volcán Tagoro) en La Estaca. Ese mismo día por la tarde salida y comienzo Leg2 (física-química-biología).

31 octubre atraque en puerto de Santa Cruz de Tenerife y fin de campaña.

OBJETIVO PRINCIPAL

El objetivo principal del proyecto “Physico-chemical, biological and geological study of an underwater volcano in a degassing stage: Island of El Hierro”, (VULCANO-II) es estudiar, desde un punto de vista totalmente interdisciplinar, la fase de desgasificación activa del único volcán submarino monitoreado desde su nacimiento en aguas españolas. De esta forma, se pretende además, dar continuidad a los estudios multidisciplinares realizados sobre el volcán submarino de la isla de El Hierro en el contexto del proyecto del Plan Nacional VULCANO-I, (CTM2012-36317) y VULCANA (Vulcanología Canaria Submarina, IEO).

Para ello, se realizará la monitorización de las propiedades físico-químicas, biológicas y geológicas del proceso eruptivo submarino de la isla de El Hierro y otros puntos sensibles, como el volcán de Enmedio entre Gran Canaria y Tenerife (Figura 1).

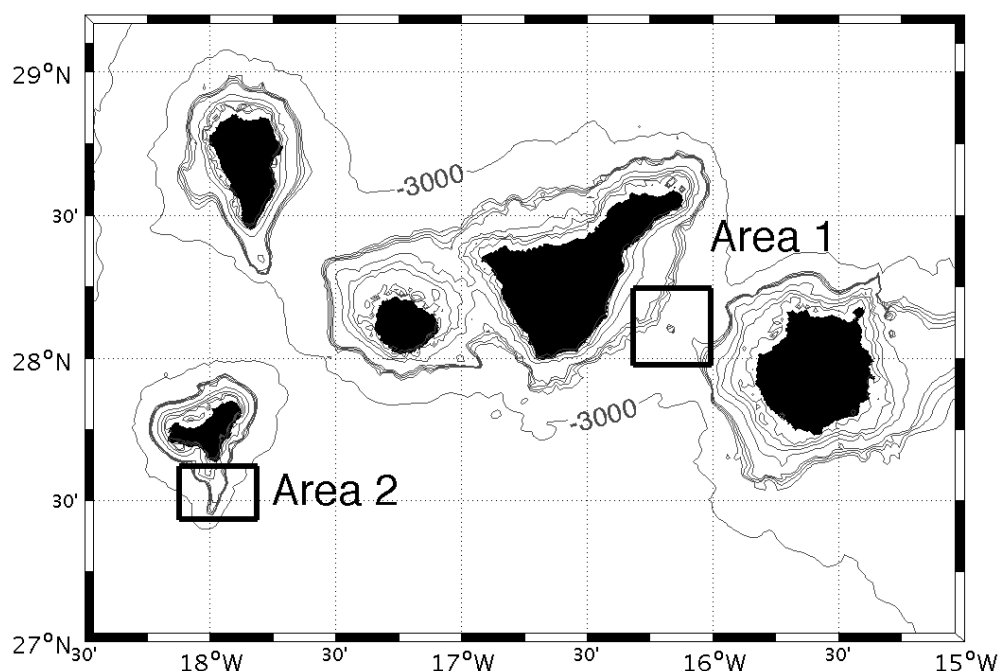


Figura 1: Mapa general de la campaña Vulcano1016. Se delimitan dos áreas de trabajo, área 1 (volcán de Enmedio) y área 2 (volcán Tagoro).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS Y METODOLOGÍA

Objetivo 1.- Estudio de la variabilidad espacio-temporal de propiedades físicas, químicas y biogeoquímicas.

Tarea 1.a. Estudio de la variabilidad espacio-temporal de la salida de calor por los principales focos de actividad.

La finalidad de esta tarea es la de estudiar la variabilidad espacio-temporal de la salida de calor debido al proceso de desgasificación por los focos de actividad, para ello, será necesario la medida de los campos termohalinos y dinámicos a partir de la construcción de series temporales de las variables registradas por los diferentes instrumentos oceanográficos (CTD y VMADCP), (Fraile-Nuez and Hernández-Guerra, 2006; Fraile-Nuez et al., 2008, 2010).

Metodología: Campos termohalinos. Los perfiles de temperatura y salinidad registrados por el CTD serán interpolados a una malla tridimensional regular mediante técnicas de análisis objetivo que minimicen el cociente ruido/señal.

Centro ejecutor: IEO-Canarias

Investigadores responsables: Dr. Eugenio Fraile-Nuez (IEO-Canarias, responsable de tarea), Dña. Carmen Presas-Navarro (IEO-Canarias, ayuda en la adquisición y procesamiento de los datos del CTD)

Tarea 1.b. Estudio de la variabilidad espacio-temporal del sistema del dióxido de carbono oceánico (salida difusa de gases).

Se estudiará la variabilidad espacio-temporal del sistema del dióxido de carbono oceánico, pH,



alcalinidad total, contenido total de carbono inorgánico disuelto y cálculo de la presión parcial de dióxido de carbono en la nueva etapa activa de desgasificación. Este sistema se ve afectado por las emisiones de dióxido de carbono producidas por la etapa de desgasificación del volcán así como por la de otros gases que alteran el pH del medio. Será necesario el uso de los datos registrados en la tarea 2.a y 2.b por los físicos y químicos.

Metodología: El pH en escala total, se medirá haciendo uso de un diseño propio del grupo de química de la ULPGC de medida espectrofotométrica utilizando el indicador m-cresol púrpura y con una precisión de 0.001 unidades de pH (Santana-Casiano et al., 2007). La alcalinidad total y el carbono inorgánico total disuelto se determinará con un sistema potenciométrico y coulombimétrico, respectivamente, sistema VINDTA y se calibrará haciendo uso de material certificado de referencia (González-Dávila et al., 2007). Se calculará la presión parcial de Dióxido de carbono, el flujo de dióxido de carbono atmósfera océano y su evolución temporal con los datos de las muestras de las campañas oceanográficas, pudiendo caracterizar variaciones de corta y larga escala.

Centro ejecutor: IOCAG-QUIMA-ULPGC

Investigadores responsables: Dra. J. Magdalena Santana-Casiano (IOCAG-QUIMA, responsable de la adquisición, valoración de medidas e interpretación de resultados) y Dr. Melchor González-Dávila (IOCAG-QUIMA, colaborador en la valoración de medidas e interpretación de resultados).

Tarea 1.c. Estudio de la variabilidad espacio-temporal de los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes mayoritarios (nitrógeno, fósforo y silicio).

El proceso eruptivo afecta principalmente al contenido de silicatos totales disueltos y a la especiación de nitrógeno debido a las condiciones reductoras del medio. Las condiciones oligotróficas de la región y el efecto de estructuras mesoscales en la distribución de nutrientes junto con las condiciones propias de la fase de desgasificación del volcán requiere el seguimiento de la posible limitación de estos nutrientes en la biología del sistema y los cambios en las relaciones C:N:P:Si:O₂.

Metodología: Los nutrientes se determinarán haciendo uso de un sistema automatizado de cinco canales Technicon-Bran Luebbe AA III AutoAnalyzer para determinación por análisis de flujo continuo segmentado (SCFA) usando la metodología descrita por (Tréguer et al., 1976) para nitratos y nitritos, (Folkard, 1978) para silicatos y USEPA (1997) para fosfatos, el amonio se analizará por fluorimetría utilizando el método de derivatización mediante reacción con la orto-ftaldialdehído en medio sulfuroso de (Kérouel and Aminot, 1997). El contenido en oxígeno disuelto será determinado a través del método Winkler (Winkler and Whaley, 1888) con las modificaciones posteriores de (Carpenter, 1965) y (Carret and Carpenter, 1966).

Centro ejecutor: IEO-Canarias

Investigadores responsables: Dr. Eugenio Fraile-Nuez (IEO-Canarias, responsable de tarea), Dña. Carmen Presas-Navarro (IEO-Canarias, ayuda en la adquisición y procesamiento de los datos del CTD)

Tarea 1.d. Estudio de la variabilidad espacio-temporal del comportamiento de la secuencia redox de especies químicas (oxígeno y azufre).



Se ha comprobado que el proceso eruptivo genera una gran cantidad de especies químicas reducidas como las especies de azufre que afectan al potencial químico y que en contacto con el agua de mar se oxidan modificando la concentración de oxígeno en el medio. En la nueva fase de desgasificación que se pretende estudiar en detalle con este proyecto, este objetivo se centrará en el estudio de la variabilidad espacio-temporal del potencial redox a través de un sensor pH-orp de adquisición en continuo instalado en la roseta al CTD Seabird 911+, de las mediciones de oxígeno (sensor en continuo e in situ) y medidas in situ de especies de azufre reducido.

Los resultados iniciales obtenidos por este instrumento proporcionaron una enorme cantidad de información de altísimo valor científico en la localización de zonas de emisión difusa en todo el edificio volcánico. Por ello y con el fin de estudiar a fondo este proceso de desgasificación así como la realización de un mapa 3D de localización de todos los focos de emisión activos, el alquiler de este sensor se considera fundamental.

Metodología: Se realizarán barridos a lo largo de una malla regular por todo el edificio volcánico en forma de tow-yo. En los puntos en los que el sensor pH-orp detecte una anomalía, se realizarán extracciones de agua para la valoración in situ de todas las variables físico-químicas incluidas por supuesto, oxígeno disuelto y especies reducidas de azufre.

La concentración de oxígeno disuelto se medirá mediante la valoración potenciométrica de las muestras utilizando un sistema de valoración Methrom según el método Winkler (Winkler and Whaley, 1888), con las modificaciones posteriores de (Carpenter, 1965) y (Carret and Carpenter, 1966).

La concentración de especies reducidas de azufre se medirá por iodometría potenciométrica (Konovalov et al., 1999) utilizando un valorador potenciométrico con un electrodo de platino

Centro ejecutor: IOCAG-QUIMA-ULPGC e IEO-Canarias

Investigadores responsables: Dra. J. Magdalena Santana-Casiano (IOCAG-QUIMA, responsable de las medidas de especies reducidas e interpretación de resultados), Dr. Melchor González-Dávila (IOCAG-QUIMA, colaboración en la interpretación de los resultados) y Dr. Eugenio Fraile-Nuez (responsable de la realización de tow-yo y procesamiento de los datos del sensor pH-orp). Los datos de oxígenos serán adquiridos y procesados por la empresa DC-Servicios Ambientales.

Tarea 1.e. Análisis del contenido de metales pesados (Al, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sr, V, Zn) en las emanaciones difusas de la fase de desgasificación.

El objetivo principal de esta tarea será la de investigar y en caso positivo cuantificar el contenido de metales pesados por los focos activos en fase de desgasificación del volcán submarino Tagoro, en la isla de El Hierro. Se prestará especial atención a las zonas ligadas al fondo, 1 metro por encima del fondo marino, así como la determinación en sedimentos asociados a los focos activos.

Metodología: Se recogerán muestras de agua en varias cotas de profundidad, prestando especial atención a las zonas profundas. Para ello, se utilizarán el agua tomada en cada una de las campañas oceanográficas citadas en el proyecto con la aplicación de las metodologías



específicas para tal fin. El plan metodológico es el característico en este tipo de investigaciones, y se atiene a los protocolos derivados de la actual legislación para la determinación de metales pesados tales como la Directiva 78/659/CEE relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces y la Directiva 79/293/CEE relativa a la calidad exigida a las aguas para la cría de moluscos. La lectura y determinación de las muestras se realizará utilizando un Espectrofotómetro Thermo Scientific 6300 ICP con plasma acoplado inductivamente y detector óptico que nos permitirá determinar simultáneamente los 20 metales que estudiaremos: Al, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sr, V y Zn.

Para el procesamiento y análisis estadístico de las muestras se utilizará el paquete estadístico IBM SPSS 22.0. De esta manera podremos establecer la existencia de diferencias significativas entre las concentraciones metálicas de las distintas zonas de muestreo y distintas profundidades, así como diferencias en el tiempo de toma de muestras.

Centro ejecutor: ULL

Investigadores responsables: Dr. Gonzalo Lozano (ULL, responsable de la tarea), Dr. Arturo Hardisson, Dra. Carmen Rubio y Dr. Ángel José Gutiérrez (ULL, apoyo en la tarea, estudio estadístico de los datos e interpretación de resultados).

Colaboradores: D. Enrique Lozano (ULL, estudiante de doctorado, ayuda en la recogida y análisis de muestras).

Objetivo 2.- Evaluación del impacto del proceso eruptivo sobre los niveles tróficos inferiores.

Tarea 2.a. Estudio de la abundancia, estado y actividad microbiana.

Uno de los indicadores más significativos sobre el estado del ecosistema y su recuperación es la composición y actividad de las comunidades microbianas; en particular, aquellas poblaciones asociadas a la emisión de determinados compuestos (metales, gases) o a zonas de mínimo oxígeno y pH.

Se pretende cuantificar la evolución, en cuanto a la abundancia, composición, diversidad y estado fisiológico de las comunidades de procariotas (bacterias y arqueas), asociadas a los focos activos de desgasificación del edificio volcánico de la isla de El Hierro.

Metodología: La abundancia de procariotas se determinará por citometría de flujo, tras fijar las muestras con glutaraldehído/paraformaldehído (Gasol and Del Giorgio, 2000). Las muestras se teñirán con SYBR Green I ó SYTO 13 y se identificarán por su señal fluorescente. La biomasa se obtendrá por relaciones alométricas a partir de la fluorescencia media. El análisis de la diversidad de los microorganismos que potencialmente acompañan a la pluma gaseosa en comparación con el agua de mar colindante así como la determinación de si la pluma gaseosa afecta a la diversidad y actividad de las aguas colindantes, se hará comparando muestras tomadas en las anomalías detectadas, en las aguas colindantes y en una estación control lejos de la influencia de la actividad gaseosa del volcán. Para los análisis de diversidad se tomarán muestras para secuenciación de ADN de la comunidad total, muestras para secuenciación de organismos no cultivados (SAGs) y muestras para aislamiento y cultivo de microorganismos. Para los análisis de actividad se tomarán muestras para análisis mediante el método BONCAT (*BioOrthogonal NonCanonical Amino acid Tagging*) que permite determinar el porcentaje de



células activas.

Centro ejecutor: ULPGC e ICM (Barcelona)

Investigadores responsables: Dr. Javier Arístegui (IOCAG-ULPGC, responsable de abundancias) y la Dra. Isabel Ferrera (ICM-Barcelona, responsable de diversidad, actividad y estado fisiológico de microorganismos).

Tarea 2.b. Evaluación del impacto del proceso de desgasificación sobre la distribución, composición y biomasa del mesozooplankton alrededor de los focos activos.

Se ha comprobado que durante el proceso activo de erupción, el ambiente altamente reductor de las regiones afectadas generó una serie de capas subóxicas y en algunas ocasiones hasta óxicas (Ariza et al., 2014; Fraile-Nuez et al., 2012; Santana-Casiano et al., 2013). Este hecho ha modificado completamente el ciclo diario de migración del mesozooplankton desde la capa de reflexión profunda hasta superficie para alimentarse del fitoplankton. Nuestro objetivo ahora es centrarnos en el mesozooplankton, fracción del zooplankton entre 200-500 micras, sobre los focos activos de desgasificación del edificio volcánico de la isla de El Hierro y del cual este mismo equipo solicitante tuvo la ocasión de muestrear durante el proceso activo magmático).

Metodología: Composición y abundancia. Durante las campañas oceanográficas, el material recolectado será fijado a bordo en formol neutralizado con Borax para su posterior traslado y estudio en el laboratorio. Se triará todo el material del mesozooplankton recogido en las pescas determinando la composición planctónica por grupos. Los resultados, informatizados en bases de datos al efecto serán analizados con estadística multivariantes, para así, poder ser comparados entre sí y determinar la variación espacio temporal en función de la evolución del proceso eruptivo y de la influencia de la zona volcánica.

Biomasa. Tras las campañas oceanográficas, se analizará todo el material del mesozooplankton recogido en las pescas realizadas para la estimación la biomasa por métodos gravimétricos (peso seco, peso húmedo, peso de cenizas) y métodos de recuento para observar la variabilidad de la diversidad de grupos zooplanctónicos. Los resultados, informatizados en bases de datos al efecto, se analizarán con estadística multivariantes, para así, poder ser comparados entre sí y obtener una visión de la variabilidad espacio temporal en función de la evolución del proceso eruptivo.

Metabolismo respiratorio y excretor. Se propone un muestreo para la caracterización en la vertical del metabolismo del zooplankton. Se muestrearán desde 200 metros hasta la superficie, obteniendo muestras cada 20 metros. Los organismos obtenidos serán fraccionados en tres clases de talla, 200-500, 500-1000 y >1000µm. Una vez fraccionadas las muestras serán congeladas inmediatamente en nitrógeno líquido para la posterior realización de los ensayos enzimáticos ETS (índice enzimático de la actividad respiratoria) y GDH (enzima responsable de la excreción de amonio). Los análisis de la actividad enzimática del ETS se llevarán a cabo en el laboratorio de acuerdo con la técnica descrita por (Packard, 1971), modificada por (Owens and King, 1975) y (Gómez et al., 1996). Una vez realizados los ensayos enzimáticos se estimará la biomasa de las muestras mediante el análisis de proteínas utilizando el método de Lowry (1951), modificado por Rutter (1967).

Centro ejecutor: IEO-Baleares, ULL e IEO-Canarias



Investigadores responsables: Dra. Mari Luz Fernández de Puellas (IEO-Baleares, responsable de la tarea y experta en abundancia y composición de las comunidades de copépodos de la isla de El Hierro), Dr. José María Espinosa (Observatorio Ambiental de Granadilla) y Dra. Inmaculada Herrera (IEO-Canarias, Contratada Vulcano-II).

Tarea 2.c. Estudio taxonómico de grupos planctónicos asociados a los focos activos de desgasificación (crustáceos, moluscos, quetognatos y medusas).

Se estudiará la composición taxonómica y diversidad de la comunidad planctónica asociada a los focos activos de desgasificación del volcán submarino de la zona de La Restinga (isla de El Hierro), comparándola con la examinada previamente (ver informes y publicaciones) durante el proyecto Vulcano-I. Para ello se hará un nuevo muestreo sobre la malla durante las dos campañas oceanográficas que incluye este nuevo proyecto. El estudio tendrá especial incidencia para observar el comportamiento post-eruptivo de determinados grupos con alto valor como indicadores (moluscos planctónicos, crustáceos, medusas y quetognatos) y reafirmar los resultados de Vulcano-I.

Metodología: Para las pescas planctónicas se utilizará una red WP2 (triple). Uno de los colectores de dicha red de muestreo se destinará exclusivamente a estudios taxonómicos de aquellos grupos planctónicos señalados previamente. Los ejemplares más llamativos e interesantes serán fotografiados en el Museo de Ciencias Naturales de Tenerife mediante una lupa con cámara de fotos digital incorporada. Se pretende así crear una colección de imágenes de referencia de los principales grupos zoológicos presentes en las inmediaciones del foco eruptivo, comparándola con la ya existente en el Museo de la Naturaleza y El Hombre sobre plancton de El Hierro y de Canarias en general. Se realizarán observaciones acerca del estado de la comunidad y se compararán los resultados con datos anteriores, tanto del proyecto Vulcano I, como de campañas previas a la erupción llevadas a cabo por el Museo de la Naturaleza y el Hombre (años 1990-1996). La identificación del material se realizará en los laboratorios de los Centros vinculados al proyecto, en especial el Museo de Ciencias Naturales de Tenerife. Los ejemplares de gran rareza serán sometidos a estudios más detallados. Información de interés para la zona (taxonómica, distribución...) será publicada en revistas especializadas.

Centro ejecutor: MNH (Departamento de Biología Marina, Museo de la Naturaleza y el Hombre de Tenerife)

Investigadores responsables: Dra. Fátima Hernández (MNH, Responsable de tarea), D. Alejandro De Vera Hernández (MNH, identificación y fotografiado de ejemplares), Dra. Mari Luz Fernández de Puellas (IEO-Baleares, identificación y fotografiado de ejemplares) y Dra. Inmaculada Herrera (IEO-Canarias, Contratada Vulcano-II).

Objetivo 3. Caracterización fisiográfica, morfológica y estructural de los fondos marinos asociados a emisiones submarinas y zonas adyacentes.

Tarea 3.a. Identificación y caracterización de las estructuras asociadas a procesos activos.

Análisis fisiográfico, geomorfológico y de reflectividad de los distintos tipos de fondos que presentan estructuras generadas por emisiones magmáticas submarinas: conos volcánicos, fisuras, coladas, depósitos de cenizas y piroclastos, depósitos y alteraciones hidrotermales.



Caracterización geológica de los distintos tipos de fondos y de los productos relacionados con la actividad volcánica, incluidas las emisiones hidrotermales y de los cambios que estos presentes. Determinación de las estructuras de deformación: fallas, rifts volcánicos abombamientos, colapsos y fondos subsidentes. Estructuras y depósitos sujetos a movimientos gravitacionales: avalanchas y deslizamientos ocasionados por flujos masivos. Identificación de emisiones de gas en la columna de agua a partir de datos de multihaz.

Metodología: Ecosonda Multihaz adecuada para las profundidades de la zona. Sistema sísmico de muy alta resolución TOPAS o similar. Dragas de arrastre. Software: Fledermaus, ArcGIS, Caris o Caribes. Mediante este equipamiento se realizarán mosaicos batimétricos y de reflectividad seriados, además de perfiles sísmicos de muy alta resolución, para localizar las acumulaciones sedimentarias o magmáticas, analizar la fisiografía y morfología de los edificios construidos por emisiones submarinas y diferenciar unidades morfológicas.

Realización de un estudio magnético en los volcanes (de Enmedio y Tagoro). Se utilizará para ello un magnetómetro remolcado por popa propiedad de la UTM. A bordo, para esta labor estará un técnico de la misma unidad y un oficial de la ROA (Real Observatorio de la Armada).

Centro ejecutor: IEO-Madrid, IEO-Málaga, IEO- Cádiz y ROA

Investigadores responsables: Dña. María Gómez Ballesteros (IEO-Madrid, responsable tarea), Dr. Juan Tomás Vázquez (IEO-Málaga), Dr. Luis Miguel Fernández Salas (IEO-Cádiz), Dr. Manuel Calatán (ROA), Dra. Nieves López (IEO-Málaga), Dña. Olga Sánchez (IEO-Málaga) y Dra. Desirée Palomino (IEO-Málaga).

Tarea 3.b. Evaluación del estado de la actividad y de la evolución de estructuras singulares.

Determinar los cambios en la configuración de los fondos, relacionados o no con la erupción actual, mediante el análisis de la serie de batimetrías ya realizadas y programadas en el proyecto. Evaluar la actividad potencial de las estructuras localizadas.

Metodología: Cartografías de la reflectividad y facies/atributos sísmicos identificados en los registros de sonda paramétrica. Estudio de los perfiles de sísmica de muy alta resolución, de la batimetría y reflectividad del fondo marino. Construcción de modelos digitales de terreno, y aplicación de técnicas morfométricas con SIG para su caracterización. Se implementarán los mosaicos adquiridos en las distintas campañas BIMBACHE.

Centro ejecutor: IEO-Madrid

Investigadores responsables: Dña. Olvido Tello (IEO-Madrid, responsable tarea), Dr. J.T. Vázquez, Dra. Nieves López González (IEO-Málaga), Dr. Luis Miguel Fernández Salas (IEO-Cádiz), Dña. María Gómez Ballesteros (IEO-Madrid), Dña. Olga Sánchez (IEO-Málaga) y Dra. Desirée Palomino (IEO-Málaga).

Tarea 3.c. Identificación y caracterización de geo-hábitats relacionados con la actividad volcánica. Colonización de las construcciones generadas en el último proceso eruptivo.

El volcán Tagoro cubrió de nueva lava un sustrato ya colonizado de altísima biodiversidad. Con este proyecto y los resultados obtenidos de los datos de los proyectos anteriores (Vulcano-I y Vulcana), se pretende identificar y caracterizar los geo-hábitats, así como el proceso de



colonización de este nuevo sustrato.

Metodología: realización de al menos 8 dragas de roca en toda la colada nueva del volcán submarino Tagoro en el exterior de la reserva marina de La Restinga. Además, se ha conseguido los permisos necesarios, tanto del Gobierno de Canarias, como de la Dirección General de Pesca, para la realización de una sola draga de roca en el interior de la reserva marina (aguas exteriores), aún sin determinar.

Por otro lado, desde el punto de vista químico, la microbiota marina, como bacterias, cianobacterias, levaduras, hongos y microalgas, supone una importante fuente de biodiversidad inexplorada, y se revela como una fuente prometedora e inagotable para el desarrollo de nuevos fármacos. Por tanto, se pretende aprovechar las características medioambientales únicas que ofrece el entorno del volcán submarino de la isla de El Hierro, para aislar microorganismos marinos singulares, principalmente bacterias, de muestras de rocas y fauna marina de profundidad. El objetivo final es estudiar la producción metabólica de los microorganismos aislados para identificar nuevos compuestos con aplicación farmacológica.

Centro ejecutor: IEO-Málaga, IEO-Cádiz, IEO-Madrid, ULL

Investigadores responsables: Dra. Nieves López (IEO-Málaga, responsable tarea), Dr. J.T. Vázquez (IEO-Málaga), Dr. Luis Miguel Fernández Salas (IEO-Cádiz), Dña. María Gómez Ballesteros (IEO-Madrid), Dña. Olvido Tello (IEO-Madrid), Dña. Olga Sánchez (IEO-Málaga), Dra. Desirée Palomino (IEO-Málaga) y Dra. Ana Raquel Díaz-Marrero (ULL).

TRABAJOS REALIZADOS

Batimetrías:

Realización de una nueva batimetría de alta resolución con ecosonda multihaz en el volcán submarino Tagoro de la isla de El Hierro. Durante la campaña se realizaron diferentes levantamientos batimétricos en el área de volcán, siguiendo distintas metodologías de muestreo en función de los parámetros técnicos de la propia ecosonda y de las características morfológicas y oceanográficas de la zona. Todos los levantamientos fueron realizados con recubrimiento redundante solapando al menos un 100%, con los haces cerrados al máximo y velocidad no superior a 5 nudos y aplicando modificaciones en las configuraciones de adquisición. Además, se realizaron pruebas para levantamiento batimétrico con buque en DP a 0.4 nudos. De este modo, se ha conseguido una elevada densidad de puntos sondados que ha permitido realizar una cartografía de gran resolución. El equipo de geólogos ha trabajado tanto en la adquisición como en el procesado de los datos durante la campaña, lo que ha permitido analizar conjuntamente y en tiempo real la batimetría y los datos físico-químicos que se iban obteniendo.

Magnetómetro:

Realización de tres estudios con un magnetómetro marino Marine SeaspY, propiedad de la Unidad de Tecnología Marina (UTM-CSIC), uno de ellos en el volcán submarino de Enmedio (Figura 2), entre las islas de Tenerife y Gran Canaria y dos de ellos en el volcán submarino Tagoro, en la isla de El Hierro (Figuras 3 y 4).

Este equipo fue largado 200 metros por la popa del buque al objeto de garantizar una precisión superior a 1 nT en las medidas. La cadencia de adquisición de los datos fue de 0.166 Hz, lo que implicaría una resolución espacial a lo largo de la línea de 31 metros a 10 nudos de velocidad. La posición del buque fue obtenida de la registrada en el sistema informático del propio barco. Estas localizaciones fueron afectadas de una corrección tal que posicionaba correctamente la medida en el lugar donde fue adquirida.

Para extraer la aportación por campos externos se utilizaron los datos del observatorio geomagnético de Güimar (Tenerife). La aportación por campo interno fue extraída utilizando el modelo IGRF-12. De esta forma finalmente se obtuvo el valor de la anomalía magnética para cada punto de medida.

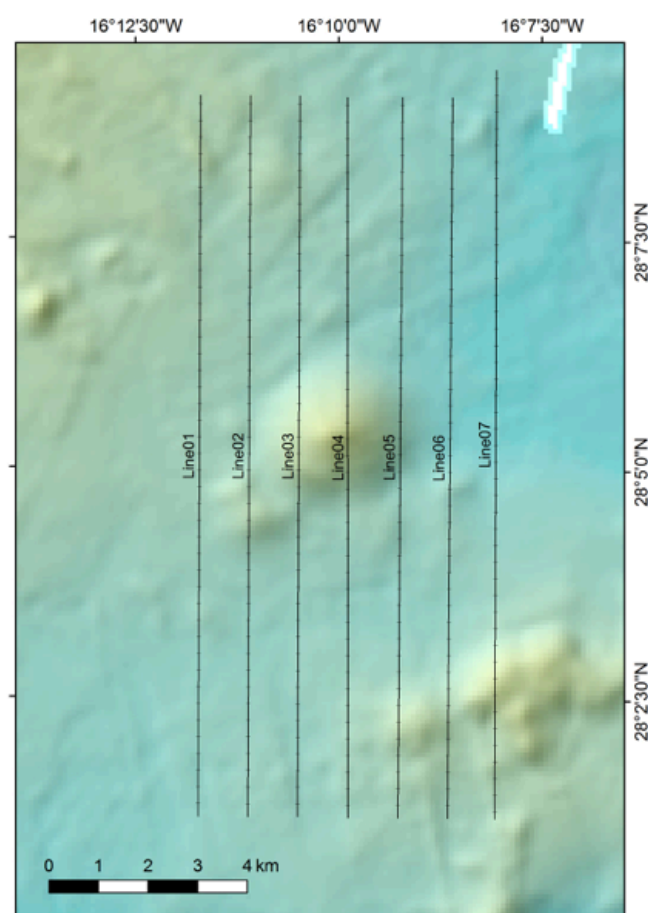


Figura 2: Estudio de alta resolución con magnetómetro sobre el volcán de Enmedio, entre Gran Canaria y Tenerife.

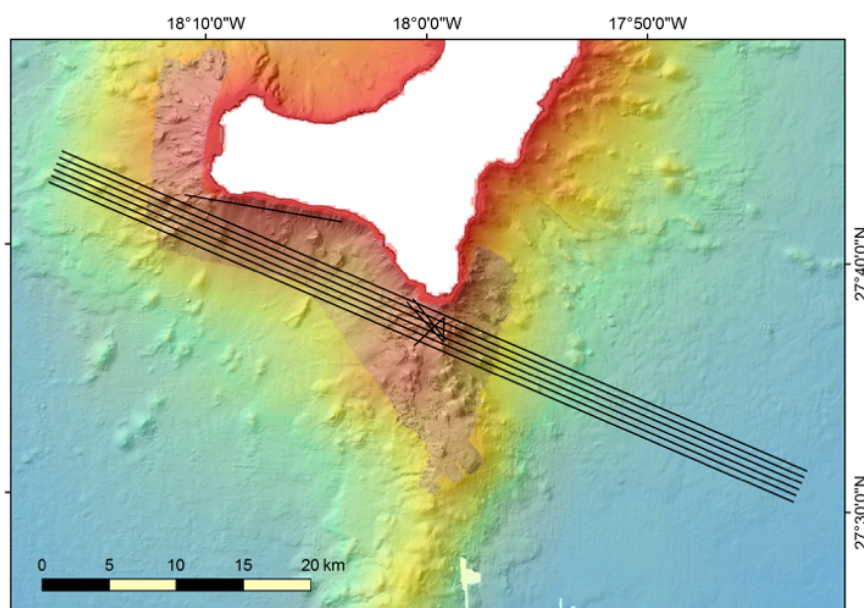


Figura 3: Estudio de alta resolución con magnetómetro al sur de la isla de El Hierro centrado en el volcán Tagoro.

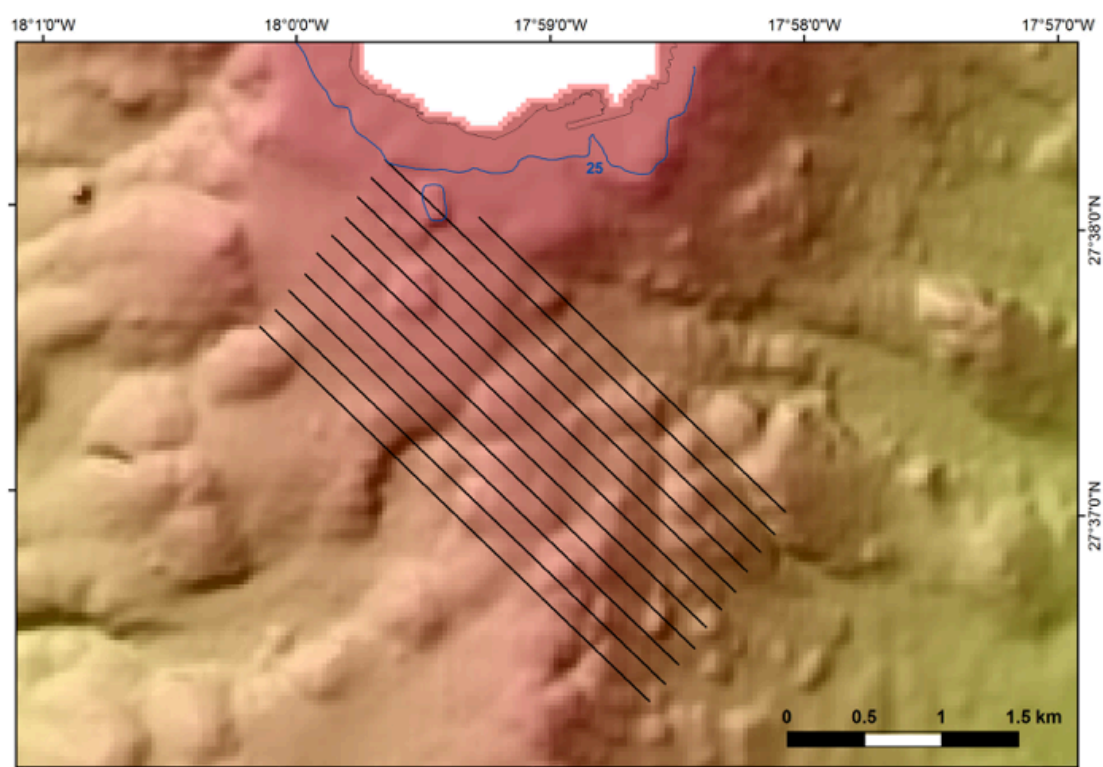


Figura 4: Estudio de alta resolución con magnetómetro sobre el volcán Tagoro.

Dragas de Arrastre:

Se realizaron 8 dragas de arrastre en el edificio volcánico Tagoro y en su colada principal (Figura 5). Una de las dragas (control, DA08) se realizó al noroeste del volcán submarino, fuera de la zona de nuevo material producido por Tagoro. La DA08 toma material del fondo del

exterior e interior de la reserva marina de El Mar de Las Calmas (se tienen los permisos necesarios por las autoridades pertinentes).

Todo el material se separa, describe, fotografía, etiqueta y guarda en diferentes cajas. Las rocas se enviarán posteriormente al Departamento de Geología de la Universidad de Salamanca para su estudio petrológico (petrografía y modelización termodinámica) y geoquímico (roca total, química mineral, isótopos estables, gases nobles).

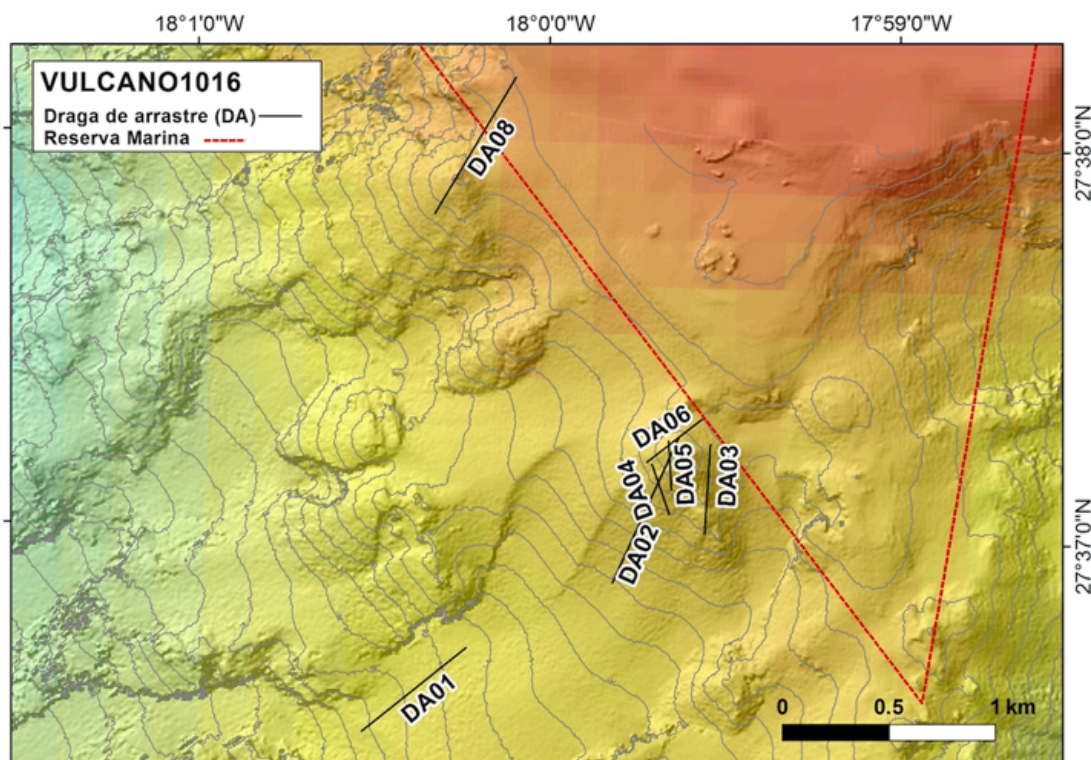


Figura 5. Disposición de las dragas de arrastre sobre el volcán Tagoro, colada principal y zona control al noroeste del volcán submarino.

Estaciones hidrográficas de Control:

Se realizan 4 estaciones control en la zona Este de la isla de El Hierro, fuera de la influencia de la posible perturbación del volcán Tagoro sobre las propiedades físico-químicas y biológicas en la columna de agua (Tabla 1). Todos los perfiles se realizan hasta los 1200 metros de profundidad. Se recogen muestras de agua in situ desde la superficie hasta el fondo en la que se analizan numerosas variables físico-químicas especificadas en el apartado “estadísticas de muestreo”.

Tabla 1. Estaciones control al este de la isla de El Hierro, fuera de la influencia de la perturbación del volcán Tagoro. (*) estaciones en las que se recoge agua in situ.

Estación	Fecha	Latitud (°)	Longitud (°)	Profundidad (m)
01*	21-Oct-2016 18:37:21	27.7257	-17.8892	1196
02*	27-Oct-2016 07:22:37	27.7258	-17.8888	1196
03*	27-Oct-2016 09:49:41	27.6868	-17.8887	1196
0202	28-Oct-2016 07:09:34	27.7258	-17.8888	1196

NOTA: La estación de referencia 01 tiene instalado un sensor de pH-orp diferente al usado en el resto de la campaña. Se sustituye por el del IEO-COC.

Tow-yos Largos:

Realización de 4 tow-yos meridionales (SE-NW) a lo largo de todo el edificio volcánico submarino [1, 5, 7 y 9]. El número 9 se aborta por desvío del buque de la ruta establecida transcurridos unos minutos debido a fuerte corriente superficial. Realización de 3 tow-yos zonales (NE-SW) a lo largo de todo el edificio volcánico submarino [2, 3 y 10] (Figura 6, Tabla 2).

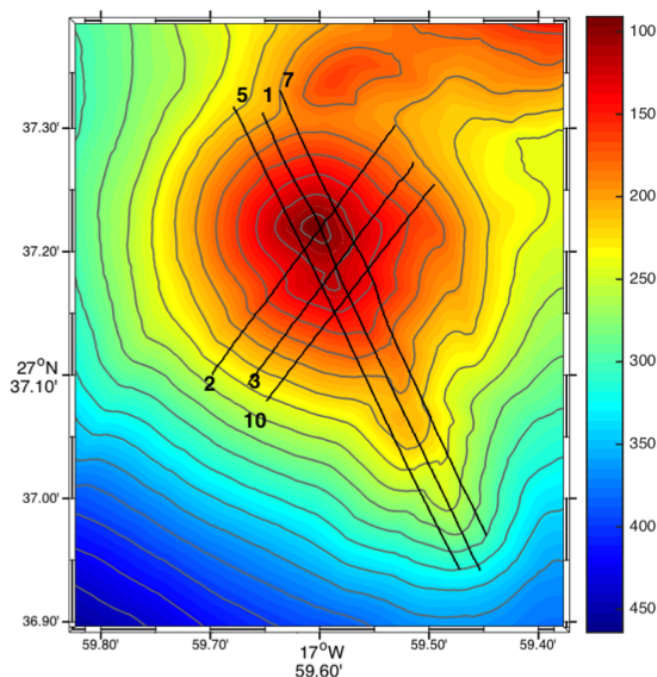


Figura 6: Disposición de tow-yos (meridionales y zonales) sobre el edificio volcánico Tagoro.

Tabla 2. Tow-yos sobre el edificio volcánico Tagoro (meridionales y zonales).

Estación	Fecha	Lat.i (°)	Lon.i (°)	Lat.f (°)	Lon.f (°)	Orientación
Twy01	22-10-2016 07:15	27.6157	-17.9909	27.6219	-17.9942	SE-NW
Twy05	22-10-2016 09:25	27.6157	-17.9912	27.6219	-17.9946	SE-NW
Twy07	22-10-2016 11:45	27.6162	-17.9908	27.6222	-17.9939	SE-NW
Twy02	22-10-2016 13:30	27.6217	-17.9922	27.6183	-17.9950	NE-SW
Twy03	22-10-2016 15:10	27.6212	-17.9919	27.6182	-17.9944	NE-SW
Twy10	22-10-2016 16:15	27.6209	-17.9916	27.6180	-17.9941	NE-SW

Mini Tow-yos:

Realización de 14 mini-tow-yos [12, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 13, 14 y 15] con diferentes orientaciones centrado sobre el cráter secundario del volcán Tagoro (Figura 7, Tabla 3).

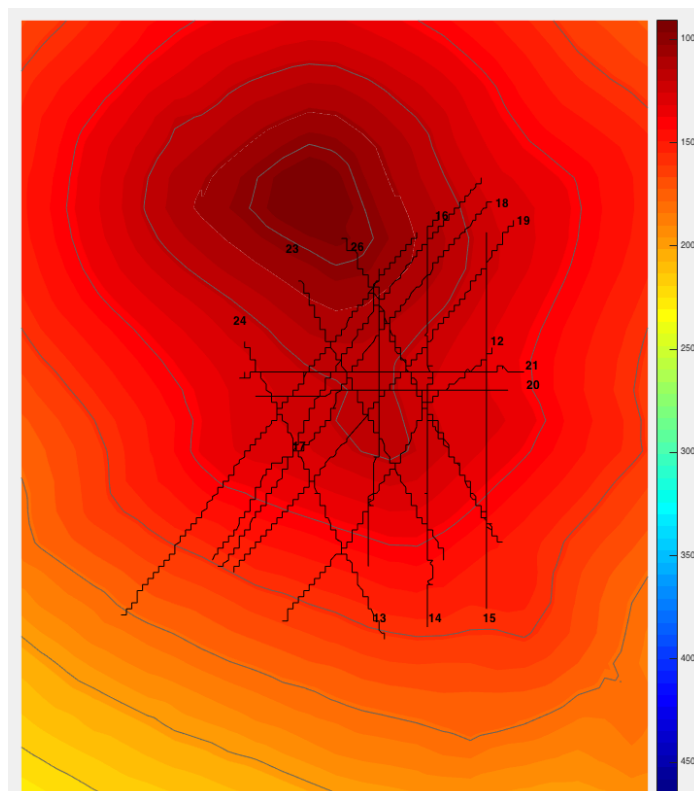


Figura 7: Zoom sobre cráter principal y secundario. Disposición de mini-tow-yos. Tabla 2.

Tabla 3. Mini-tow-yos sobre el edificio volcánico Tagoro. (*) indica muestreo con niskin

Estación	Fecha	Lat.i (°)	Lon.i (°)	Lat.f (°)	Lon.f (°)	Orientación
Twy12	23-10-2016 08:15	27.6198	-17.9927	27.6189	-17.9935	NE-SW
Twy16*	23-10-2016 09:12	27.6202	-17.9930	27.6190	-17.9941	NE-SW
Twy17*	23-10-2016 10:35	27.6204	-17.9928	27.6191	-17.9937	NE-SW
Twy18*	23-10-2016 12:25	27.6203	-17.9927	27.6191	-17.9938	NE-SW
Twy19*	23-10-2016 13:38	27.6203	-17.9926	27.6191	-17.9937	NE-SW
Twy20*	23-10-2016 15:10	27.6197	-17.9927	27.6197	-17.9936	E-W
Twy21*	23-10-2016 16:35	27.6198	-17.9926	27.6197	-17.9937	E-W
Twy23	25-10-2016 18:50	27.6201	-17.9934	27.6191	-17.9929	N-S
Twy24	25-10-2016 19:43	27.6199	-17.9936	27.6189	-17.9931	N-S
Twy26	26-10-2016 11:30	27.6200	-17.9932	27.6192	-17.9927	N-S
Twy27	26-10-2016 12:05	27.6192	-17.9927	27.6202	-17.9933	S-N
Twy13	26-10-2016 12:48	27.6201	-17.9931	27.6191	-17.9932	N-S
Twy14	26-10-2016 13:20	27.6189	-17.9930	27.6203	-17.9929	S-N
Twy15	26-10-2016 14:00	27.6202	-17.9927	27.6190	-17.9927	N-S

Series Temporales en DP Cráter H1:

Realización de tres series temporales de diferente duración en DP sobre el cráter secundario H1 (Tabla 4).

Tabla 4. Series temporales sobre el cráter secundario. (*) indica muestreo con niskin

Serie/Estación	Fecha inicial	Fecha inicial	Lat. (°)	Lon. (°)
Serie1_h1/Twy22*	23-10-2016 18:40	23-10-2016 20:52	27.6196	-17.9930
Serie2_h1/Twy28*	28-10-2016 10:45	28-10-2016 11:05	27.6196	-17.9930
Serie3_h1/Twy29	28-10-2016 12:15	28-10-2016 12:40	27.6196	-17.9930

Transecto de Alta Resolución:

Estudio de alta resolución sobre el volcán submarino, Tagoro, en la isla de El Hierro. Realización de 11 estaciones hidrográficas desde la superficie hasta el fondo con muestreo de agua [50:55 60 56:59] (Figura 8, Tabla 5).

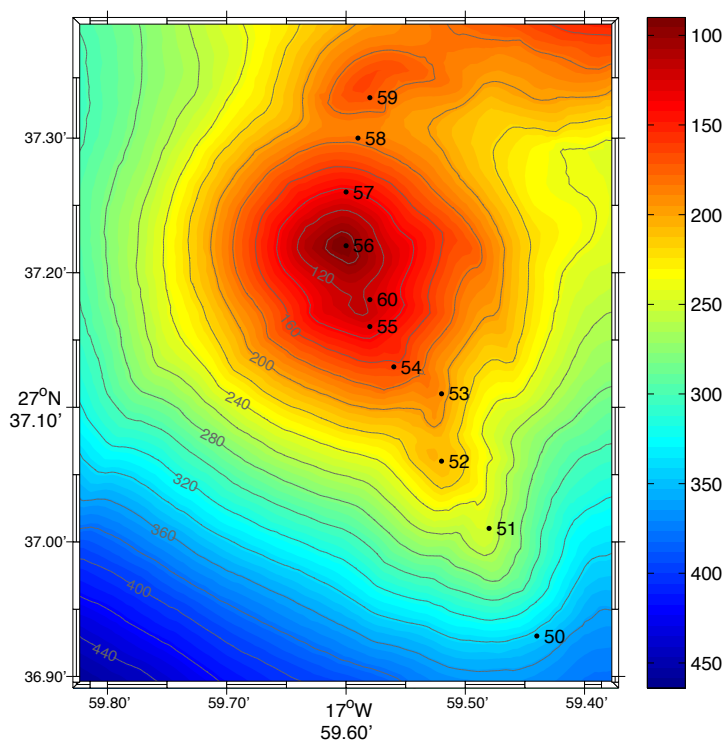


Figura 8: Transecto de alta resolución sobre la alineación de cráteres del volcán submarino Tagoro.

Tabla 5. Transecto de alta resolución sobre el volcán submarino Tagoro de El Hierro. (*) estaciones en las que se recoge agua in situ.

Estación	Fecha	Latitud (°)	Longitud (°)	Profundidad (m)
50*	25-Oct-2016 07:15:18	27.6155	-17.9907	326
51*	25-Oct-2016 09:07:45	27.6168	-17.9913	246
52*	25-Oct-2016 10:41:55	27.6177	-17.9920	206
53*	25-Oct-2016 12:19:37	27.6185	-17.9920	186
54*	25-Oct-2016 13:29:44	27.6188	-17.9927	146
55*	25-Oct-2016 14:40:41	27.6193	-17.9930	126
60*	25-Oct-2016 15:40:08	27.6197	-17.9930	126
56*	25-Oct-2016 17:22:16	27.6203	-17.9933	86
57*	26-Oct-2016 07:07:10	27.6210	-17.9933	136
58*	26-Oct-2016 08:14:28	27.6217	-17.9932	186
59*	26-Oct-2016 09:35:58	27.6222	-17.9930	166

Malla de Alta Resolución con mini-series de CTD (HR):

Realización 21 estaciones de CTD en modo DP y con una duración en el fondo de 15 minutos cada uno (Figura 9 y 10, Tabla 6).

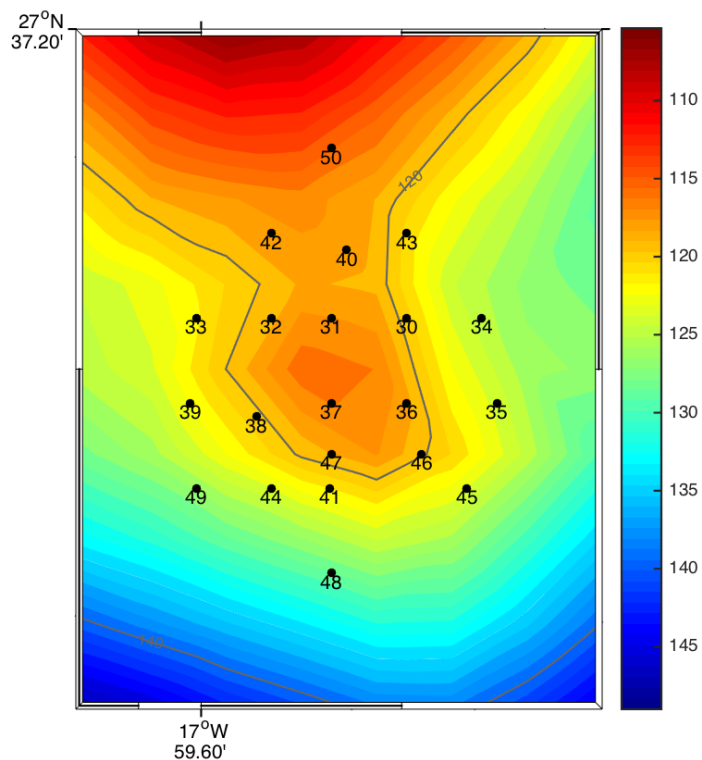


Figura 9: Malla de alta resolución con mini-series de CTD sobre el cráter secundario del volcán submarino Tagoro.

Tabla 6. Estaciones mini-series CTD malla de alta resolución. (*) recogida de agua in situ.

Estación	Acrónimo	Fecha	Latitud (°)	Longitud (°)	Profundidad (m)
Twy30*	HR04	28-Oct-2016 13:00	27.6197	-17.9931	120
Twy31	HR03	28-Oct-2016 13:40	27.6197	-17.9932	123
Twy32	HR02	28-Oct-2016 14:35	27.6197	-17.9932	124
Twy33	HR01	28-Oct-2016 15:15	27.6197	-17.9934	125
Twy34	HR05	28-Oct-2016 15:55	27.6197	-17.9930	120
Twy35	HR06	28-Oct-2016 16:35	27.6196	-17.9930	124
Twy36	HR07	28-Oct-2016 17:17	27.6196	-17.9931	117
Twy37	HR08	28-Oct-2016 17:55	27.6196	-17.9932	118
Twy38	HR09	28-Oct-2016 18:27	27.6195	-17.9933	121
Twy39	HR10	28-Oct-2016 19:40	27.6196	-17.9934	122
Twy40	HR11	28-Oct-2016 20:15	27.6198	-17.9931	118
Twy41	HR12	28-Oct-2016 20:53	27.6195	-17.9932	116
Twy42	HR13	29-Oct-2016 07:10	27.6198	-17.9932	121
Twy43	HR14	29-Oct-2016 07:50	27.6198	-17.9931	122
Twy44	HR15	29-Oct-2016 08:40	27.6194	-17.9932	129
Twy45	HR16	29-Oct-2016 09:30	27.6195	-17.9930	126
Twy46	HR17	29-Oct-2016 10:50	27.6195	-17.9930	128
Twy47	HR18	29-Oct-2016 11:30	27.6195	-17.9932	120
Twy48	HR24	29-Oct-2016 12:20	27.6194	-17.9932	126
Twy49	HR19	29-Oct-2016 13:00	27.6195	-17.9933	122
Twy50	HR25	29-Oct-2016 13:45	27.6199	-17.9932	117

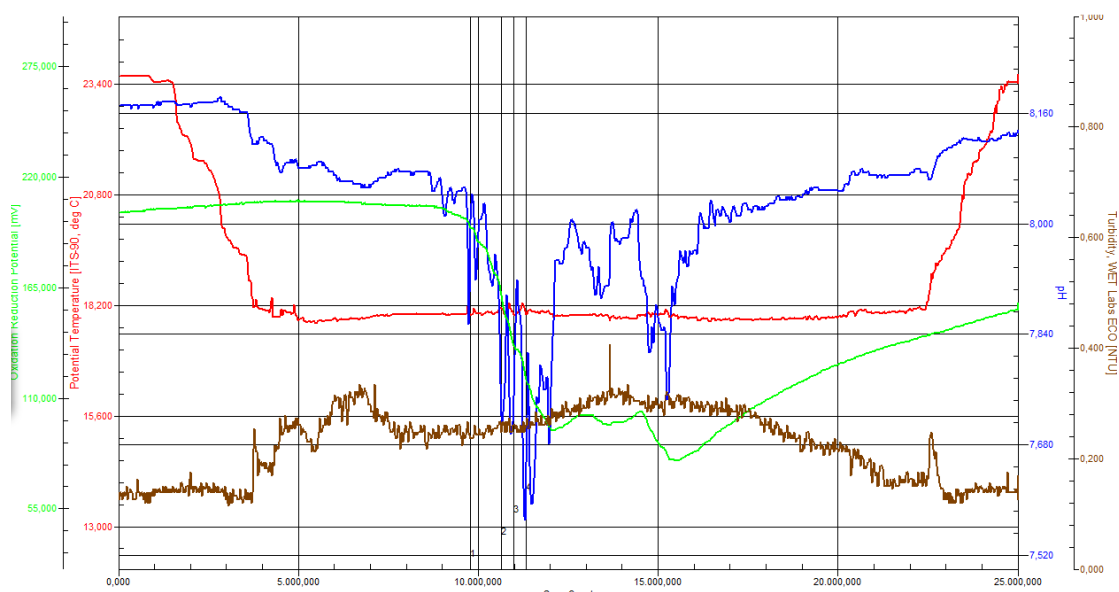


Figura 10: Ejemplo del registro adquirido durante las mini-series de CTD realizadas en la malla de alta resolución sobre el cráter secundario del volcán Tagoro. Variables: pH (Azul), temperatura (rojo), ORP (verde) y turbidez (marrón).

Anclaje físico-químico cráter secundario

Una vez que se hayan realizado todas las estaciones hidrográficas, se procederá al anclaje de un fondeo con boya superficial en el punto con mayor anomalía físico-química del edificio volcánico, el cráter secundario, a una profundidad de 127 m (Esquema del anclaje se muestra en la Figura 11).

Este anclaje, estará compuesto por:

- 1.- un muerto o cubo de hormigón armado de 1000kg (peso en aire).
- 2.- estructura metálica sobre el muerto para alojar sensores físico-químicos
- 3.- geófono
- 4.- hidrófono
- 5.- pH-ORP
- 6.- CTD
- 7.- cabo dilema de 12 mm (resistencia de 16.000 kg)
- 8.- pequeñas boyas para aumentar flotabilidad cabo cerca de sensores
- 9.- giratorios (2 unidades, principio y fin de cabo)
- 10.- boya superficial equipada para la seguridad marítima (luz estroboscópica, reflectores de radar, cruz de San Andrés, etc).

Los sensores estarán registrando datos durante un periodo de 6 meses. Dicho anclaje será recogido en la siguiente campaña prevista para marzo de 2017.

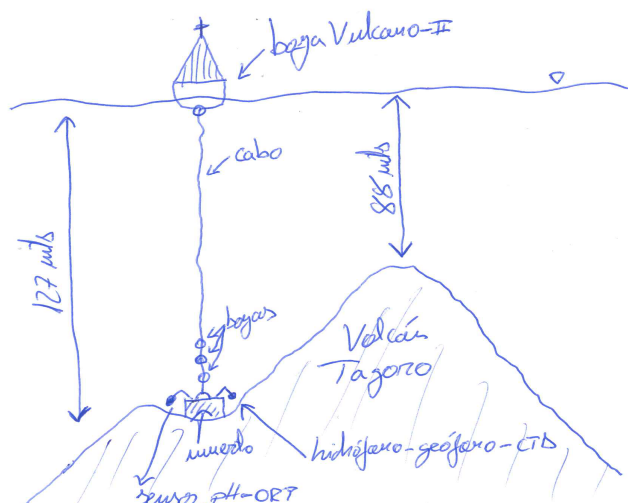


Figura 11: Esquema del fondeo anclado en el cráter secundario del volcán Tagoro.

Pescas con WP2 (triple)

Se realizaron 15 pescas con una red de plancton WP2 triple (200 μm luz de malla y 0.25 m² área de la boca, Tabla 7), cada uno de los colectores fue dividido en dos partes iguales por medio de un separador Folsom (McEven et al., 1954). El primer colector fue dividido en dos muestras iguales para biomasa (peso seco, peso húmedo, peso de cenizas y metales, Tarea 2b) una mitad preservada en formaldehído al 4%, y la otra mitad a -20°C, con el fin de saber la diferencia en el modo de conservar las muestras. Del segundo colector una parte fue para taxonomía (Tarea 2c) y la otra parte para medidas de isótopos estables (IEO-Canarias) y el tercer colector se utilizó para llevar a cabo la Tarea 2b, una parte guardada en formaldehído al 4% y la otra fraccionada por tallas (200-500; 500-1000 y >1000 μm) y preservada en nitrógeno líquido para los análisis de metabolismo en el zooplancton.

Tabla 7. Pescas verticales con red de plancton WP2 triple en el volcán Tagoro.

Número pesca/lance	Est.	Fecha	Latitud (°)	Longitud (°)	Hora inicial	Hora final	Tiempo subida (min)	Fluj. inicial	Fluj. final	Dif. Flujo	MNH Formol	IEO Congelador/formol	Prof (m)
1	1	21/10/2016	27.7257	-17.8891	20:43	20:55	5:05:25	653873	657885	4012	x	x	200
2	50	25/10/2016	27.6156	-17.9907	9:25	9:37	5:24:20	657899	662016	4117	x	x	200
3	51	25/10/2016	27.6168	-17.9913	11:12	11:22	5:31:22	662016	666275	4259	x	x	200
4	52	25/10/2016	27.6177	-17.9920	12:50	13:00	5:50:24	666275	670107	3832	x	x	200
5	53	25/10/2016	27.6185	-17.9920	14:03	14:13	5:26:32	670107	675919	5812	x	x	180
6	54	25/10/2016	27.6188	-17.9927	15:18	15:26	3:47:23	675919	678124	2205	x	x	144
7	55	25/10/2016	27.6194	-17.9930	16:20	16:26	3:01:20	678124	681153	3029	x	x	116
8	60	25/10/2016	27.6196	-17.9930	17:43	17:49	3:17:10	681153	684768	3615	x	x	115
9	56	25/10/2016	27.6203	-17.9934	19:12	19:18	1:59:23	684768	687671	2903	x	x	78
10	57	26/10/2016	27.6210	-17.9933	8:52	9:00	3:38:15	687671	692425	4754	x	x	132
11	58	26/10/2016	27.6217	-17.9932	10:06	10:12	2:38:15	692425	698089	5664	x	x	178
12	59	26/10/2016	27.6222	-17.9930	11:39	11:47	4:15:30	698089	703364	5275	x	x	132
13	2	27/10/2016	27.7258	-17.8888	9:57	10:12	5:12:08	703364	708763	5399	x	x	200
14	3	27/10/2016	27.6869	-17.8887	12:36	12:47	5:11:33	708763	715029	6266	x	x	200
15	2.02	28/10/2016	27.7258	-17.8888	9:55	10:06	5:10:33	715112	720513	5401	x	x	200



Aislamiento de microorganismos de muestras de sedimentos e invertebrados bentónicos del volcán Tagoro.

La campaña Vulcanoll-1016 se planteó como una oportunidad única de acceder a un ecosistema en desarrollo con el objetivo principal de aislar microorganismos endófitos y asociados tanto a muestras de rocas como de invertebrados marinos de profundidad. Estos microorganismos representan una posible fuente de nuevas moléculas para el desarrollo de fármacos.

Para ello se recolectaron un total de 37 muestras (Tabla 8) obtenidas tras la realización de 7 dragas de roca en toda la colada nueva del volcán submarino Tagoro en el exterior de la reserva marina de La Restinga. Las muestras se recolectaron los días 17 y 18 de octubre, a profundidades comprendidas entre los 160 y 700 m.

Tabla 8. Muestras recolectadas en Vulcano1016 para aislamiento de microorganismos.

FECHA	DRAGA	MUESTRA	DESCRIPCIÓN / CLASIFICACIÓN*
17/10/16	DA01	AR01	Coral negro / <i>Stichopathes</i> sp.
17/10/16	DA01	AR02	Gastrópodo
17/10/16	DA01	AR04	Alga-Hidrozo
17/10/16	DA02	AR05	Hidrozo
17/10/16	DA02	AR06	Hidrozo
17/10/16	DA02	AR07	Hidrozo
17/10/16	DA02	AR08	Coral (ramificado) / <i>Tanacetipathes</i> sp
17/10/16	DA02	AR09	Molusco / transparente
17/10/16	DA02	AR10	Sedimento anaranjado (Óxidos de Fe)
17/10/16	DA02	AR11	Alga-Hidrozo verde
17/10/16	DA02	AR12	Esponja gris
17/10/16	DA02	AR13	Alga-Briozo verde
17/10/16	DA02	AR14	Filamentos rosados (flotan)
17/10/16	DA03	AR15	Hidrozo / <i>Sertularella</i> sp.
17/10/16	DA03	AR16	Briozo rosado ramificado
17/10/16	DA03	AR17	Sedimento volcánico (sustrato)
17/10/16	DA03	AR18	Molusco verde
17/10/16	DA03	AR19	Alga parda hoja ancha redondeada
17/10/16	DA04	AR20	Óxidos de Fe (Lavado exterior de roca volcánica)
17/10/16	DA04	AR21	Óxidos de Fe (Lavado interior de roca volcánica)
17/10/16	DA04	AR22	Hidrozo / <i>Sertularella</i> sp.
17/10/16	DA04	AR23	Hidrozo / <i>Sertularella</i> sp.
17/10/16	DA05	AR24	Piroclastos
17/10/16	DA05	AR25	Óxidos de Fe (Lavado roca volcánica)
17/10/16	DA06	AR26	Coral negro (látigo) / <i>Stichopathes</i> sp.
17/10/16	DA06	AR27	Coral negro (látigo) / <i>Stichopathes</i> sp.
17/10/16	DA06	AR28	Sedimento interior fractura roca volcánica-anaranjado
17/10/16	DA06	AR29	Sedimento interior oquedad roca volcánica-verde
17/10/16	DA06	AR30	Hidrozo
18/10/16	DA08	AR31	Esponja blanca plana en abanico
18/10/16	DA08	AR32	Esponja ramificada
18/10/16	DA08	AR33	Esponja pequeña abanico amarilla
18/10/16	DA08	AR34	Esponja parda (posible <i>Ircinia</i> sp.)

18/10/16	DA08	AR35	Esponja anaranjada
18/10/16	DA08	AR36	Esponja parda oscura (parecida a AR37)
18/10/16	DA08	AR37	Esponja negra (Especie más abundante)

* La mayor parte de las especies están pendientes de ser identificadas por expertos en organismos bentónicos.

Las muestras para aislamiento de microorganismos se lavaron con agua de mar estéril y se conservaron en tubos estériles a 4°C hasta su llegada a los laboratorios de la ULL, para ser procesadas (Figura 12). Durante la campaña, en las condiciones más asépticas posibles, algunas de las muestras se sembraron inmediatamente en placas de Petri. Además, las muestras más abundantes, códigos AR31, AR32, AR34-AR36, se conservaron en bolsas independientes a -20°C para llevar a cabo estudios paralelos de los metabolitos secundarios producidos no sólo por las especies de microorganismos asociados, sino también de los producidos por la propia especie.

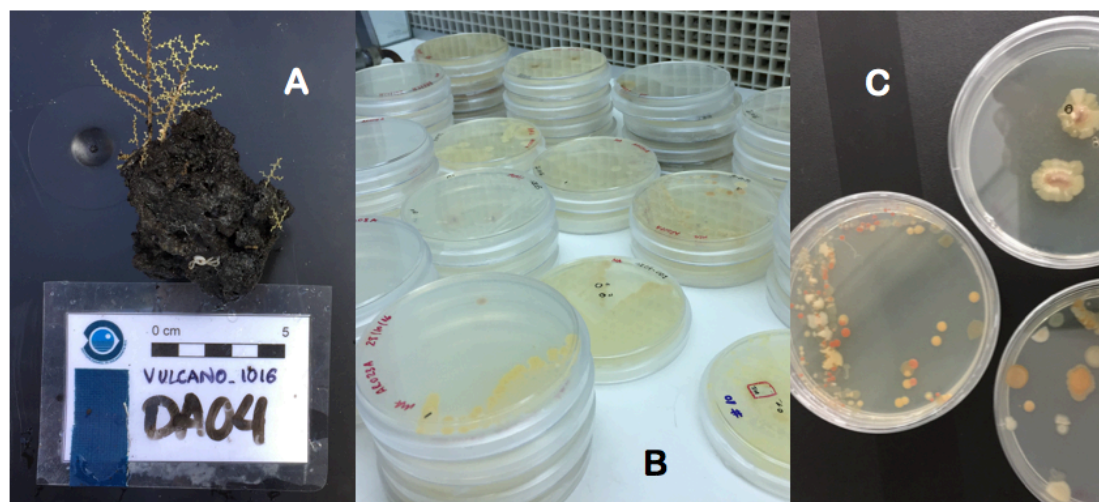


Figura 12: Hidrozoo del género *Sertularella* (A). Colección de muestras en crecimiento para aislamiento de microorganismos (B). Diversidad microbiológica de las muestras recolectadas en la campaña Vulcano-1016 (C).

RESULTADOS PRELIMINARES

Batimetrías:

Se señala que a lo largo de la campaña se ha trabajado a tres escalas de resolución dependiendo de las áreas abarcadas y la profundidad máxima alcanzada en cada caso. En primer lugar, se utilizó una escala general en un área que abarcaba no sólo el edificio volcánico de Tagoro sino también las zonas adyacentes a este, incluyendo todo el desarrollo de la colada de productos volcánicos generada durante esta erupción hacia el sur-suroeste del volcán, estos datos permitieron realizar un mapa batimétrico con una resolución de 5x5 m (Fig. 13a).

En segundo lugar, se utilizó una escala de detalle que permitió realizar el mapa batimétrico con más resolución (1x1 m) de las 14 que se han realizado en el volcán submarino Tagoro de la isla

de El Hierro desde su origen en el año 2011 (Figura 13b), incluyendo tanto el volcán como la primera parte de la colada generada a partir de dicha erupción. El edificio volcánico continúa a día de hoy teniendo su cota más baja a unos 400 m y su cima principal a unos 88 m con respecto a la superficie del océano.

Por último, se realizaron microbatimetrías de detalle en la parte superior del volcán obtenidas con una adquisición de muy baja velocidad que ha permitido obtener resoluciones de esos segmentos concretos con resoluciones centimétricas. A partir de estas batimetrías se ha detectado la presencia de rasgos morfológicos menores cuyo origen debe estar directamente ligado a la actividad hidrotermal que presenta el volcán en la actualidad. La utilización de esta técnica en campañas posteriores permitirá cuantificar los cambios a pequeña escala que están sucediendo en la superficie del volcán ligados a la actividad hidrotermal.

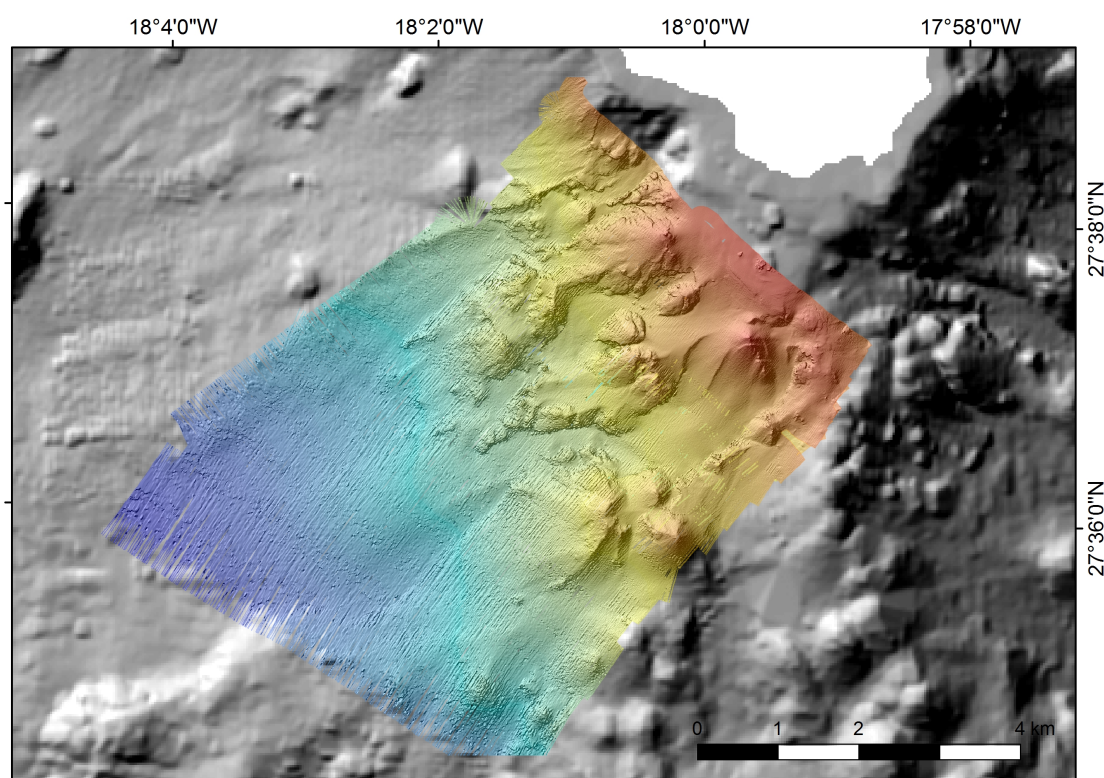


Figura 13a: Batimetrías multihaz EM710 del volcán submarino Tagoro de El Hierro (VULCANO1016) a una resolución de 5x5 m.

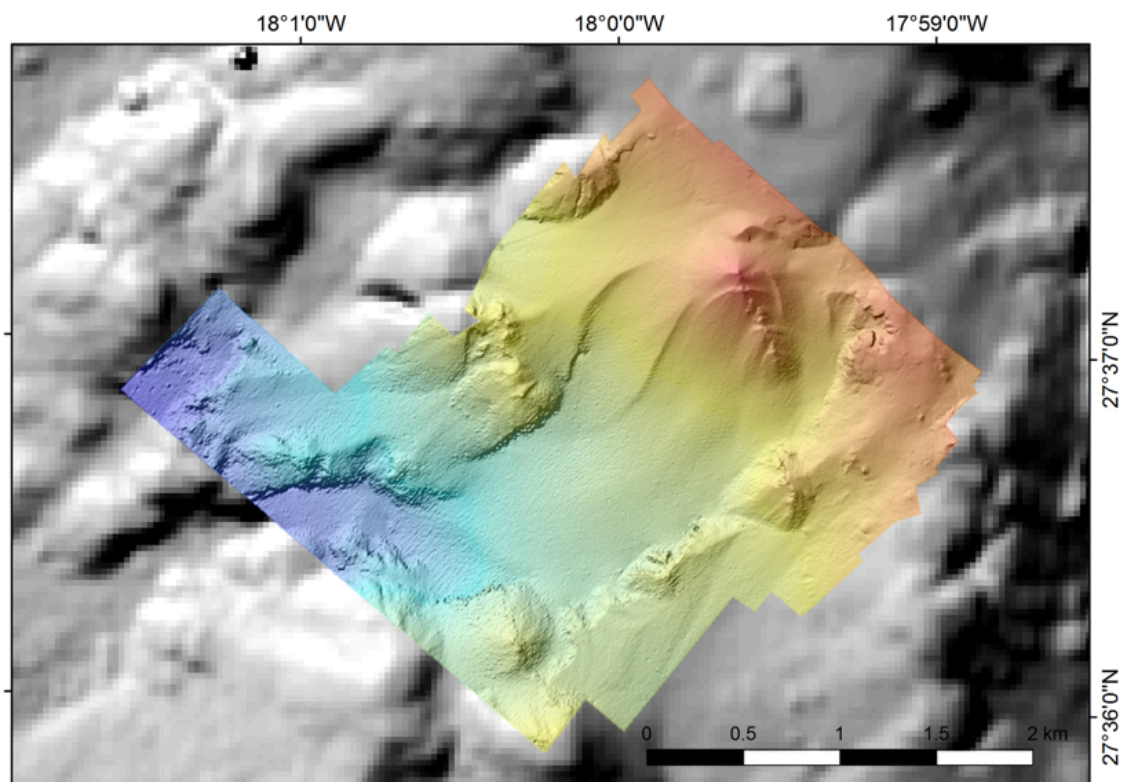


Figura 13b: Batimetrías multihaz EM710 del volcán submarino Tagoro de El Hierro (VULCANO1016) a una resolución de 1x1 m.

Magnetismo:

Magnetismo volcán submarino de Enmedio

La localización de los perfiles vino determinada por la de los levantamientos realizados en dichas aguas durante las campañas Zona Económica Exclusiva Española (ZEEE: años 1998-2002).

La Figura 2 muestra la localización de dichos perfiles. Las diferencias entre los perfiles obtenidos durante las campañas ZEEE y los obtenidos durante la presente campaña se muestran en la Figura 14. De un rápido análisis no se observan diferencias significativas, ni ninguna señal sistemática.

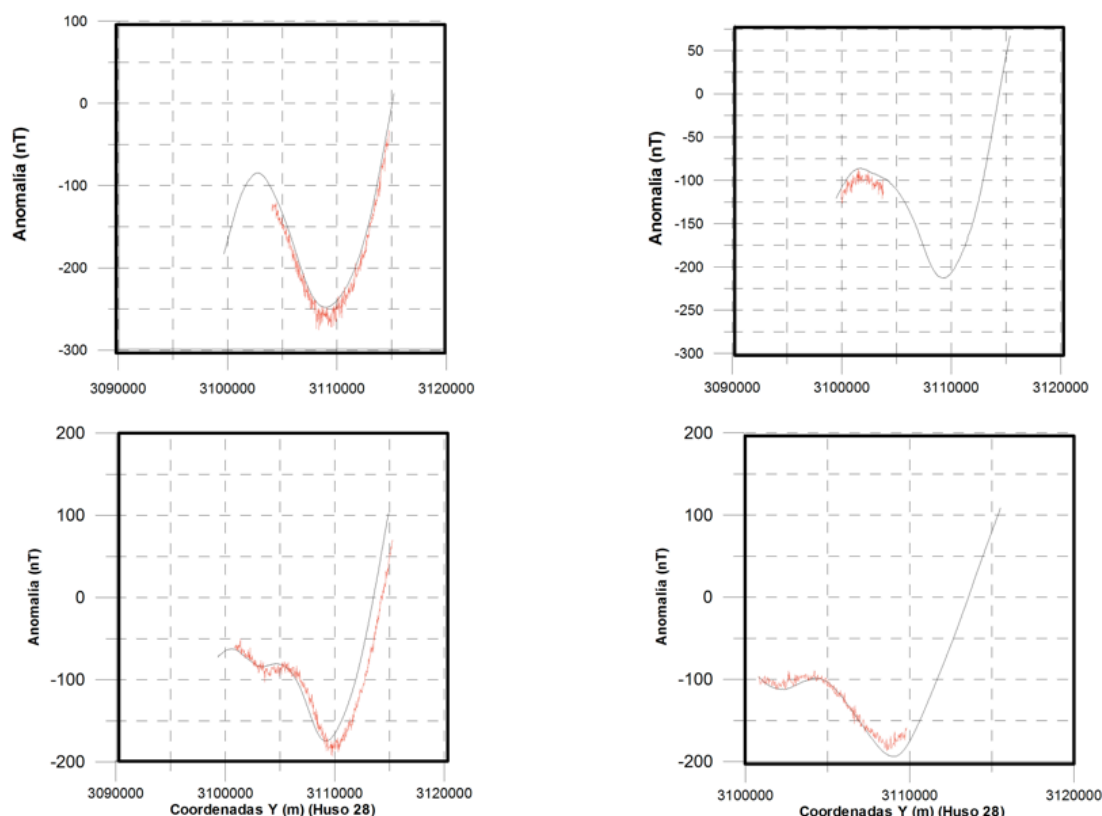


Figura 14: Anomalías correspondientes a los levantamientos realizados en el volcán de Enmedio. En negro: Campaña Vulcano II – 1016. En rojo: Campañas ZEEE.

Magnetismo volcán submarino Tagoro

Este edificio volcánico se originó como consecuencia de la crisis volcánica acaecida en la isla del Hierro desde finales de 2011 hasta mediados de 2012. Este volcán submarino se eleva sobre el fondo hasta los 88 metros de profundidad. La Figura 3 muestra la localización de los perfiles obtenidos. Se componen de un conjunto de líneas alargadas (64 km) y de un levantamiento sistemático en las inmediaciones de dicho volcán.

Con el primer trazado de líneas se pretendía posicionar mediante técnicas espectrales la localización de las profundidades al tope y a la base del mismo, mientras que con el segundo se pretendía conseguir un doble objetivo: obtener una base de referencia para futuros levantamientos, y realizar un análisis comparativo reproduciendo, alguno de estos perfiles, los levantamientos realizados por el B.I.O. “Hespérides” el 28 de junio de 2012.

El mapa de anomalías magnéticas obtenido ha sido realizado a una resolución de 500 m. La Figura 15 (a) muestra una anomalía positiva que recorre toda la costa sur de la isla y que se corresponde con el zócalo de la misma, esto es con su topografía submarina. La Figura 15 (b) delinea mejor la zona de la Restinga, resaltando la cresta sur de la isla.

Al sur de esta anomalía aparece otra anomalía que, comparándolo con el mapa batimétrico podría corresponderse con la zona más suroeste de la cresta antes mencionada. Un análisis más pormenorizado sugiere que este cuerpo se extiende más hacia el suroeste. Su longitud de onda nos lleva a pensar en un cuerpo profundo.

Es difícil distinguir la anomalía magnética correspondiente al edificio volcánico (volcán Tagoro).

Para poder deshacer o al menos atenuar el efecto dipolar tanto inducido como remanente, hemos obtenido el mapa de señal analítica (Figura 16).

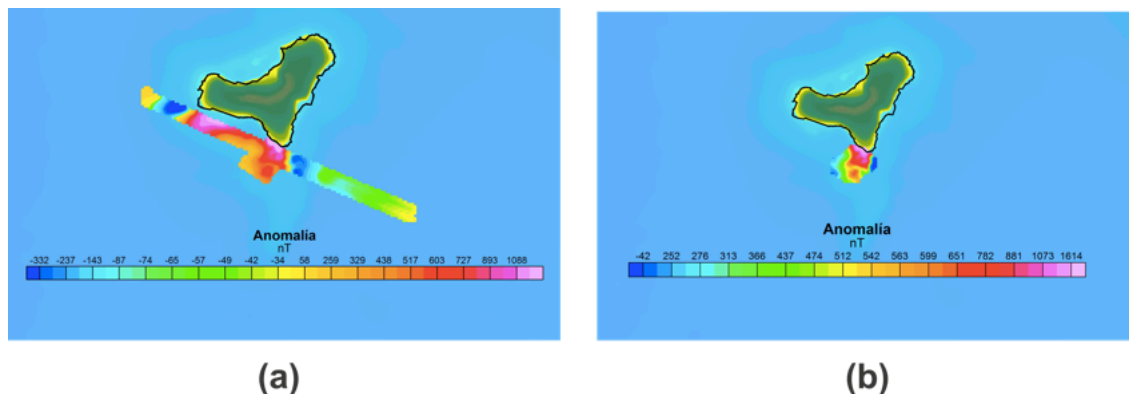


Figura 15: Mapa de anomalías magnéticas de la zona de la Restinga incluyendo: a) todos los perfiles, b) únicamente los perfiles correspondientes a las inmediaciones de la Restinga.

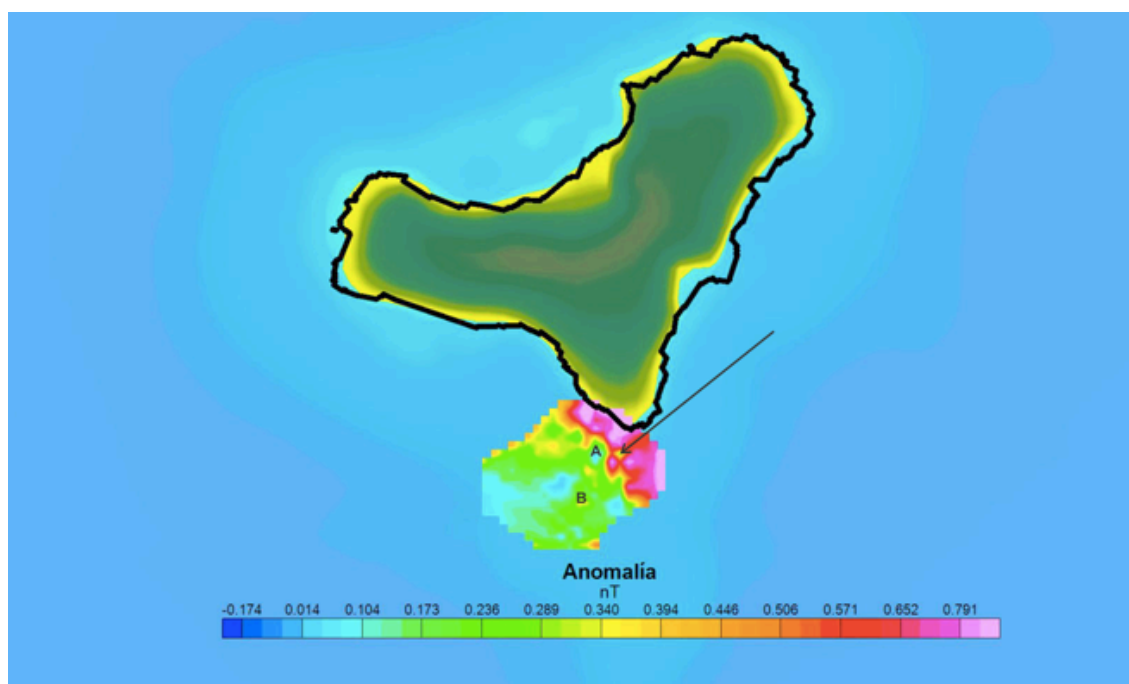


Figura 16: Mapa de señal analítica correspondiente a la zona del levantamiento magnético de detalle.

Este mapa (Figura 16) muestra el cuerpo correspondiente a la cresta sur de la isla. Así mismo sobre este aparece la señal correspondiente al volcán Tagoro (su posición viene señalada por una flecha negra). Al noroeste de este cuerpo aparece un mínimo en la señal analítica (letra "A" en la figura). Sus bordes lógicamente vienen definidos por máximos en la señal analítica, y muestra ser independiente del edificio volcánico (Tagoro). Al compararlo con el mapa batimétrico no es evidente su expresión topográfica.

El mapa muestra asimismo la localización del cuerpo al que corresponde la anomalía señalada anteriormente en la Figura 15 como correspondiente a un cuerpo profundo (Figura 16: etiquetado con la letra "B"). Éste muestra un aspecto lineal, con tendencia al NE.

Tanto del cuerpo etiquetado como "B", como del cuerpo situado al NW del volcán Tagoro, no es posible aportar más información utilizando solo el levantamiento geomagnético, y debieran

de ser objeto de un estudio más detallado, incorporando otras fuentes (sísmica de alta resolución, bibliografía de la zona).

Análisis magnético comparativo: Tagoro vs. campañas ZEEE-2012

El análisis de las diferencias entre los perfiles realizados por el BIO “Hespérides” durante la campaña ZEEE-2012, y los obtenidos durante la campaña Vulcano II – 1016 muestran (Figura 17) unas diferencias sistemáticamente negativas al norte de la localización del edificio, y positivas al sur de éste. Las mayores amplitudes en las diferencias (negativas y positivas) se sitúan sobre la localización del volcán Tagoro.

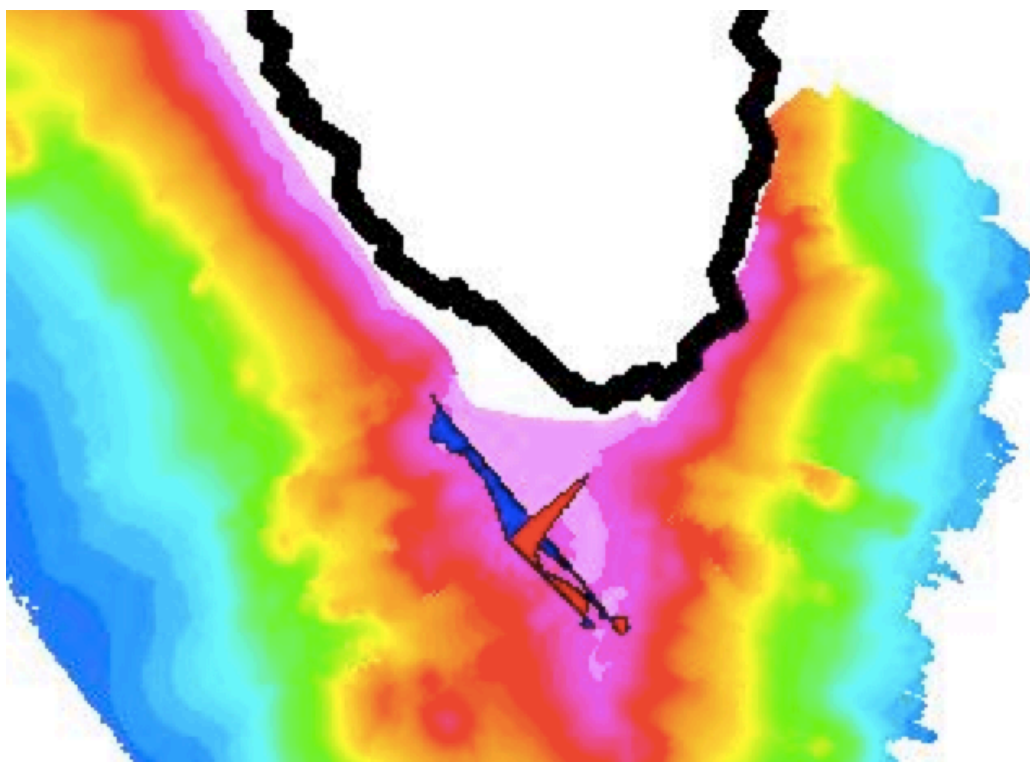


Figura 17: Perfiles diferencia entre los valores obtenidos durante la campaña y los obtenidos durante las campañas ZEEE. Al fondo el mapa batimétrico. Perfiles geomagnéticos: color rojo indica un incremento del valor de la anomalía actual con respecto a los obtenidos durante las campañas ZEEE. Color azul indican una disminución.

Esta distribución de diferencias es compatible con un proceso de magnetización inducida. Esto es lo que cabría esperar en un cuerpo que poco a poco va adquiriendo una respuesta magnética como consecuencia de un enfriamiento por debajo de la temperatura de Curie.

Conclusiones

Los levantamientos magnéticos realizados entre los días 16 y 20 de octubre de 2016 han permitido:

1. Comparar los resultados obtenidos con los conseguidos hace casi 20 años en las campañas ZEEE a finales de los años 90 del pasado siglo (volcán de Enmedio), y los conseguidos durante la campaña ZEEE-2012 (volcán Tagoro).
2. Estos análisis comparativos no muestran alteraciones magnéticas significativas en la



- localización del volcán de Enmedio.
3. En la zona de la Restinga, este mismo análisis, utilizando los datos obtenidos hace 4 años, muestran variaciones notables centradas en la localización del volcán Tagoro. Estas variaciones serían coherentes con un episodio de enfriamiento y de restablecimiento del equilibrio.
 4. Simultáneamente se ha obtenido un levantamiento de detalle (500 m) entorno a dicho volcán lo cual servirá para la monitorización de la evolución de dicha zona mediante su comparación con futuras campañas.
 5. Se han recorridos tres líneas de 60 km situadas en la zona sur de la isla con tendencia NW-SE. Su estudio podría contribuir a localizar el techo y fondo correspondientes a posibles fuentes magnéticas, y por tanto podría estimarse el techo a la isoterma de Curie.
 6. Finalmente, estos datos se integrarán con los resultados petrológicos y geoquímicos para avanzar en el conocimiento de las principales características de la fuente magmática (e.g. morfología, dimensiones, profundidad, procesos de relleno/vaciamiento) bajo Tagoro.

Dragas de Arrastre:

El material dragado en la zona externa al volcán Tagoro (punto de control, DA08) está constituido por basanitas con textura brechoide cementada con fundido sideromelano que aparece más alterado y que constituyen el sustrato rocoso de la zona pre-eruptiva.

El material dragado en la cima y colada del volcán Tagoro vuelve a evidenciar que las lavas no han evolucionado petrológica ni geoquímicamente en los últimos cinco años. Las rocas obtenidas son basanitas con fenocristales de olivino cuya textura varía desde masiva a vesicular muy variable. Hay que resaltar que las rocas obtenidas en la cima del volcán (DA06) siguen mostrando una importante colonización de su superficie por ostreidos y otros organismos, entre los que destaca una especie de coral negro (antipatario) que ha permitido abrir una nueva hipótesis de trabajo en paralelo, con implicaciones en predicción eruptiva. Esta hipótesis se basa en el estudio detallado (geoquímico y biológico) de dicha especie de coral negro en forma de látigo, cuyo crecimiento sobre las lavas del volcán parece exageradamente más rápido cuanto más cerca de la emisión gaseosa se encuentre. Actualmente se le han realizado análisis de DRX (composición química), microCT (morfología interna) y gases nobles.

Anomalías físico-químicas:

Uno de los objetivos principales de este proyecto es el estudio, cuantificación y localización del proceso de desgasificación del volcán submarino Tagoro en la isla de El Hierro. Para ello, es necesaria la aplicación de una metodología propia basada en barridos físico-químicos con la roseta en transectos Tow-yos por todo el edificio volcánico. Los resultados preliminares obtenidos con esta metodología han sido determinantes para comprobar que dicho volcán sigue, a fecha de hoy, activo en fase de desgasificación.

Las Figura 18 y 19 muestran, respectivamente, las anomalías de pH y ORP registradas con los barridos Tow-yos por todo el edificio volcánico Tagoro. La Figura 20, muestra el mapa de anomalías de orp sobre el edificio volcánico Tagoro. Los resultados preliminares muestran que sigue existiendo una salida de gases, calor y otros compuestos por el edificio volcánico Tagoro,



especialmente, por la zona entre el cráter principal y el cráter secundario, entre los 88 y 127 metros de profundidad. Las anomalías físico-químicas se encuentran muy ligadas al fondo, sin repercusión en la superficie del océano ni transporte hacia la isla de El Hierro. El ecosistema marino ligado al volcán, por el contrario, si sigue soportando un gran estrés producido por las anomalías de las propiedades físico-químicas, con disminuciones del pH de hasta 0.5 unidades y de aumentos de la temperatura de hasta 0.25°C.

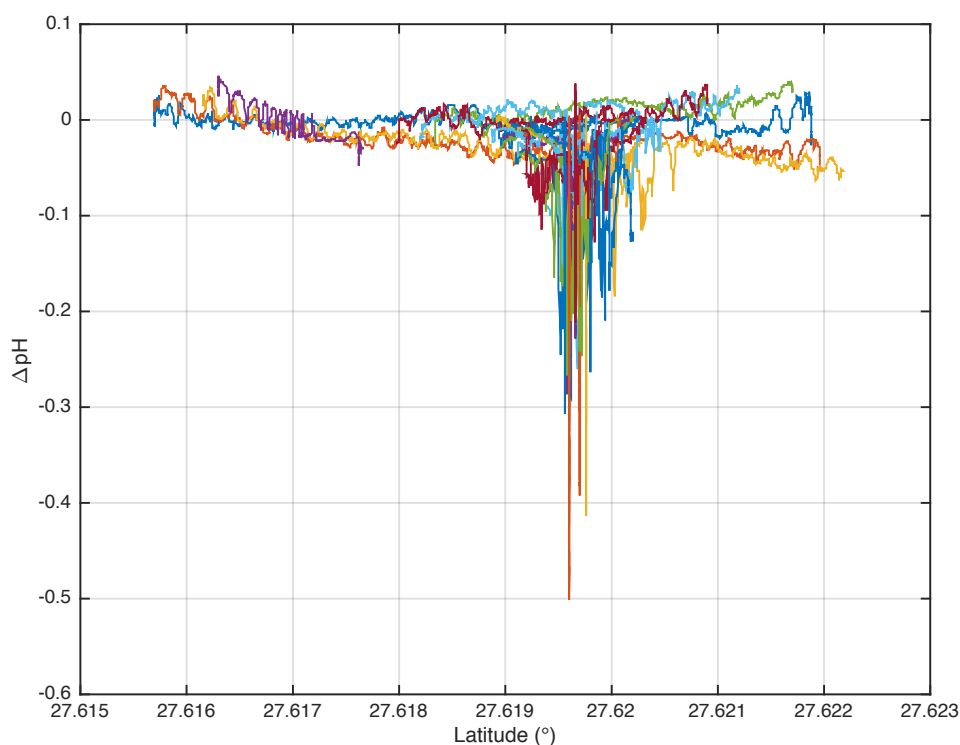


Figura 18. Anomalías de pH a través de los barridos con Tow-yos por todo el edificio volcánico submarino de Tagoro, El Hierro (Vulcano1016).

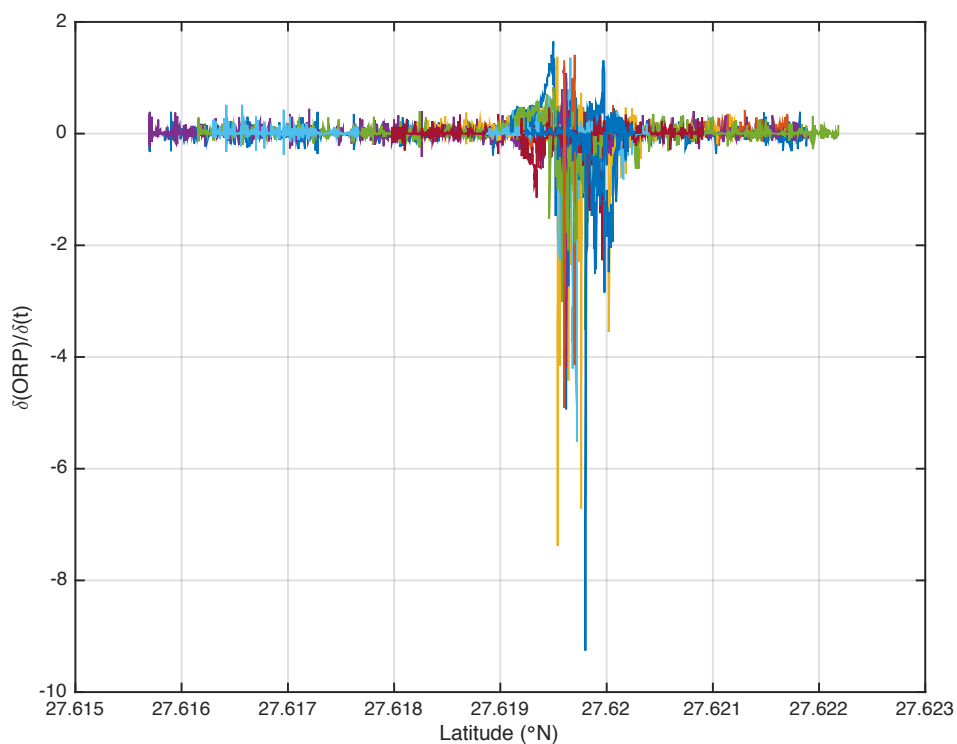


Figura 19. Anomalías de ORP a través de los barridos con Tow-yos por todo el edificio volcánico submarino de Tagoro, El Hierro (Vulcano1016).

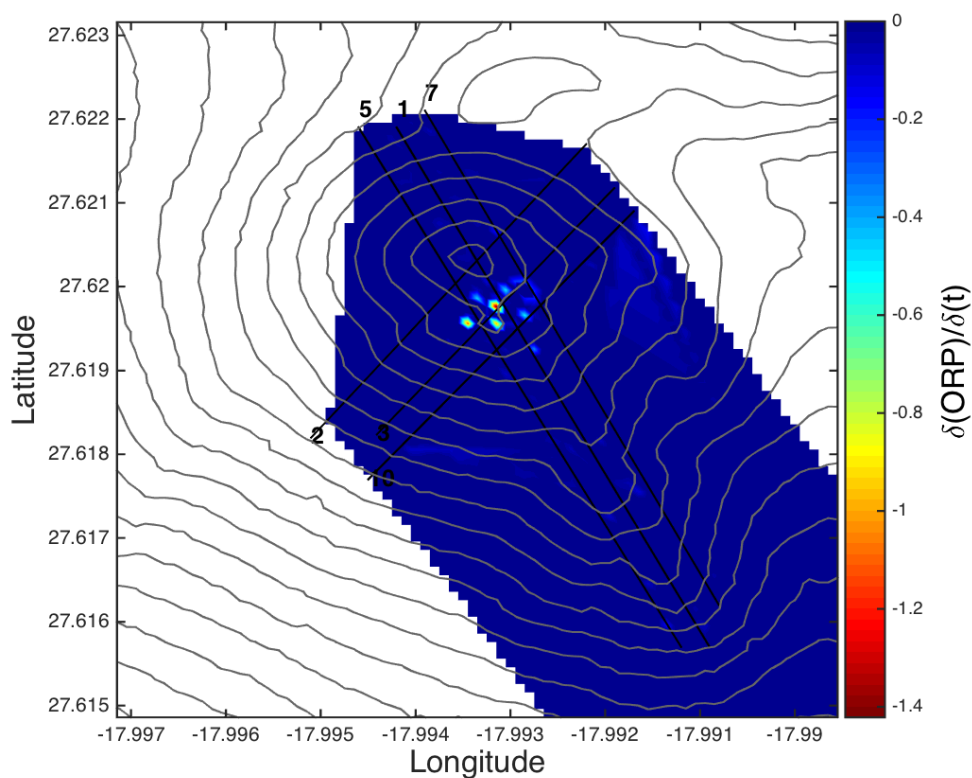


Figura 20. Mapa de anomalías de ORP a través de los barridos con Tow-yos por todo el edificio volcánico submarino de Tagoro, El Hierro (Vulcano1016).



Los resultados de dicho informe son preliminares, ya que un alto porcentaje de los datos físicos-químicos, biológicos y geológicos deben ser aún analizados en laboratorios fuera del buque.

INCIDENCIAS Y APRECIACIONES DURANTE EL MUESTREO:

No se aprecia incidencias remarcables. Climatología estable, aunque con procesos aislados de fuerte precipitación. Tiempo del sur-sureste. Se cumplió con el 100% de los objetivos marcados.

Respecto a los datos adquiridos con la sonda Batimétrica Multihaz, se señala la secuencia de trabajos que se realizó:

- Al comenzar las pruebas de adquisición se detectó un mal funcionamiento de los haces externos, ello no ocasionaba un gran problema pues el trabajo en la campaña estaba diseñado para trabajar con haces cerrados y aumentar de esa forma la densidad de datos.
- De todas formas, antes de comenzar los trabajos se realizó una calibración con los haces cerrados que permitió trabajar de esta forma a buen nivel en la zona de trabajo.
- Se hicieron pruebas con la herramienta de scanning sobre la zona próxima al punto de fondeo y ello permitió obtener un mapa de gran resolución, inferior a 1x1 m, de ese punto concreto.
- Al observar el aumento de resolución realizado con esta técnica se hicieron pruebas de adquisición con dicha herramienta activada con el barco navegando a muy baja velocidad (0,4 nudos) mientras se realizaban los transectos de tow-yo y también sin tener dicha herramienta activada. Se obtuvieron datos de una gran resolución, pero se observó que había un desfase en el solape de líneas adyacente.
- Para intentar solventar este problema se realizó una segunda calibración de la sonda con los haces abiertos, solucionándose el problema de mal funcionamiento de los haces externos si bien no se solucionó el problema de los desfases de líneas adyacentes.
- Posteriormente el Dr. Juan-Tomás Vázquez (Jefe de campaña durante la campaña RIGEL1116) nos informó que dicho problema podría estar relacionado con un mal funcionamiento del sensor de velocidad de superficie.
- Así mismo, cabe señalar que el perfilador de velocidades (SVO+) también tuvo problemas de funcionamiento a lo largo de la misma recomendándose su revisión.

El sensor dual Fluorescencia/turbidez instalado en el CTD da valores solo de turbidez, la fluorescencia da valores negativos constantes en toda la columna de agua. Se aconseja su calibración. No existe por tanto valores de fluorescencia del CTD para esta campaña.

Magnetómetro UTM sufre colisión con el fondo en el último transecto programado. Una vez recuperado, se detecta una fuga de agua en el interior del instrumento, la cual podría afectar a su electrónica. Se prepara para su envío y calibración a fábrica.



ESTADÍSTICAS DE MUESTREO:

Estadística del muestreo físico-químico, biológico y geológico en la campaña oceanográfica Vulcano1016		
Instrumento/Parámetro	Estaciones	Muestras
CTD	16	registros de conductividad, temperatura, presión, oxígeno, fluorescencia, materia orgánica disuelta coloreada, pH, ORP y transmisómetro (IEO-Canarias) *
Tow-yos-M (Barridos con CTD + muestreo de agua)	48	registros de conductividad, temperatura, presión, oxígeno, fluorescencia, materia orgánica disuelta coloreada, pH, ORP y transmisómetro (IEO-Canarias) *
Serie temporales (roseta en fondo)	3	registros de conductividad, temperatura, presión, oxígeno, fluorescencia, materia orgánica disuelta coloreada, pH, ORP y transmisómetro (IEO-Canarias) *
Anclaje físico-químico-geológico	1	Registros de temperatura, conductividad, presión, pH, ORP, desplazamientos x, y, z y sonido (IEO-Canarias)*
VMADCP	continuo	registros de las componentes zonal y meridional de la corriente (IEO-Canarias) *
EK60	continuo	registros de backscatters (IEO-Canarias) *
EA600	continuo	15 días, profundidad del fondo (IEO-Canarias) *
Multihaz	continuo	10 días (IEO-Málaga-Cádiz-Madrid) **
Magnetómetro	continuo	5 días (ROA) ø
Termosalinómetro	continuo	registros de temperatura y salinidad superficial (IEO-Canarias) *
Meteorología y navegación	continuo	registros de posición y parámetros meteorológicos (IEO-Canarias) *
Oxígeno	25	274 para análisis de [] de oxígeno (IEO-Canarias) *
Nutrientes	25	274 muestras para análisis de nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos (IEO-Canarias) *
pH	47	356 muestras (ULPGC) §
Carbono inorgánico total	25	275 muestras (ULPGC) §
Alcalinidad total	25	275 muestras (ULPGC) §
Azufre	42	156 muestras (ULPGC) §
Metales	17	76 muestras para análisis de hierro ferroso Fe-II (ULPGC) §
	17	66 muestras para análisis de metales (ULL) ¥
Cultivo de microorganismos	7	36 muestras de sedimentos e invertebrados bentónicos para aislamiento de microorganismos endófitos y asociados (ULL) π
Dragas de arrastre	7 (DA1:6, 8)	20-30 muestras de roca de fondo oceánico (lavas de Tagoro – basanitas) para estudio petrológico y análisis geoquímico (roca total + isótopos estables + gases nobles) (Usal) #
		10-15 muestras de corales negros (creciendo sobre las rocas basálticas) para análisis geoquímico de gases nobles y dataciones (Usal – IEO) # **
BONCAT	10	111 muestras para análisis de actividad bacteriana (CSIC-ICM) ¢
ADN	10	82 muestras para estudios de ADN (CSIC-ICM) ¢
Cultivos	10	156 muestras (CSIC-ICM) ¢
SAGS	10	41 muestras (CSIC-ICM) ¢
Carbono Orgánico Total	11	62 muestras (ULPGC) æ
Citometría de flujo	20	247 muestras (ULPGC) æ
Clorofilas	19	77 muestras (ULPGC) æ
WP2 (triple)	15	30 muestras para biomasa (IEO-Canarias) £
		15 muestras para taxonomía (IEO-Baleares) ∞
		15 muestras para taxonomía (MNH) †
		15 muestras para isótopos (IEO-Canarias) £
		45 muestras para metabolismos (IEO-Canarias) £

Responsable de los datos: * Dr. Eugenio Fraile Nuez (IEO-Canarias), ** Dr. Juan Tomás Vázquez Garrido (IEO-Málaga), Dr. Luis Miguel Fernández Salas (IEO-Cádiz), Dña. María Gómez Ballesteros (IEO-Madrid) y Dña. Olvido Tello (IEO-Madrid), ø Dr. Manuel Catalán (ROA), § Dra. J. Magdalena Santana Casiano (QUIMA-IOCAG, ULPGC), ¥ Dr. Gonzalo Lozano (ULL), π Dra. Ana Raquel Díaz Marrero, # Dr. Antonio M. Álvarez-Valero, ¢ Dra. Isabel Ferrera (CSIC-ICM), æ Dr. Javier Arístegui, £ Dra. Inmaculada Herrera Rivero, ∞ Dra. María Luz Fernández de Puellas y † Dra. Fátima María Hernández Martín (MNH).



POLÍTICA DE DATOS

Cualquier publicación, científica o divulgativa, así como resultados a que diera lugar el desarrollo de las actividades de investigación conjuntas deberán reconocer y hacer constar la participación de todos los investigadores que hayan intervenido en aquella, así como la pertenencia de los datos a los investigadores e instituciones de que dependen (apartado 6). También deberá mencionarse en las publicaciones que se deriven el nombre del proyecto (Vulcano-II, CTM2014-51837) así como el ente financiador, el Ministerio de Economía y Competitividad y fondos FEDER.

En lo relativo a este punto, deberá tenerse en cuenta lo previsto en los artículos 53 y siguientes de la Ley de Economía Sostenible de 4 de marzo de 2011.

PERSONAL PARTICIPANTE:

Centro Oceanográfico de Canarias:

Nombre	Cargo
Dr. Eugenio Fraile Nuez	Investigador (Jefe de Campaña)
Dña. Carmen Presas Navarro	Especialista I+D+i
Dra. Inmaculada Herrera Rivero	Titulada Superior I+D+i (Vulcano-II)

Centro Oceanográfico de Málaga:

Nombre	Cargo
Dr. Juan Tomás Vázquez Garrido	Investigador
Dra. Nieves López González	Investigadora
Dra. Desirée Palomino Cantero	Técnico Contratado

Centro Oceanográfico de Cádiz:

Nombre	Cargo
Dr. Luis Miguel Fernández Salas	Investigador

Centro Oceanográfico de Madrid:

Nombre	Cargo
Dña. María Gómez Ballesteros	Investigadora
Dña. Olvido Tello Antón	Investigadora

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria:

Nombre	Cargo
Dra. Magdalena Santana Casiano	Catedrática
D. Adrián Castro Álamo	Técnico
Dña. Maite Báez Hernández	Doctoranda
Dña. Génesis Samanta León Santos	Estudiante de grado

Universidad de Salamanca:

Nombre	Cargo
Dr. Antonio M. Álvarez Valero	Investigador

Universidad de La Laguna:



Nombre	Cargo
D. Enrique Lozano Bilbao	doctorando
Dra. Ana Raquel Díaz Marrero	Investigadora
<u>Instituto de Ciencias Marinas (Barcelona):</u>	
Nombre	Cargo
Dña. María Vanessa Balagué Añó	Titulada Superior
<u>Real Observatorio de la Armada:</u>	
Nombre	Cargo
Dr. Manuel Catalán Morollón	Capitán de Fragata
<u>Unidad Técnica Marina:</u>	
Nombre	Cargo
D. José Luis Pozo Blasco	Técnico

REPERCUSIÓN MEDIOS:

<http://www.larazon.es/sociedad/ciencia/a-que-suena-el-volcan-de-el-hierro-EH13722350>

<http://agencias.abc.es/agencias/noticia.asp?noticia=2341679>

<http://web.eldia.es/canarias/2016-10-14/1-desgasificacion-aun-continua-activa-volcan-Tagoro.htm>

http://www.laopinion.es/sociedad/2016/10/14/oceanografico-inicia-nuevo-estudio-volcan/714467.html?utm_source=rss

<http://www.laprovincia.es/sociedad/2016/10/14/oceanografico-inicia-nuevo-estudio-volcan/870474.html>

http://www.elconfidencial.com/ultima-hora-en-vivo/2016-10-13/continua-el-estudio-del-volcan-de-el-hierro-cinco-anos-despues-de-su-erupcion_1037445/

http://www.eldiario.es/canariasahora/sociedad/Instituto-Espanol-Oceanografia-estudiando-Hierro-Volcan-El-Hierro_0_569043884.html

<https://goo.gl/8PBHyl> (IEO)

<http://play.cadenaser.com/audio/082RD010000000346360/>

<http://www.rtv.es/canariasradio/multimedia/roscas-y-cotufas-7792/10-10-2016-362.aspx#.WFumOaPFTF2>

http://epv.elpais.com/epv/2016/07/08/categoria_ciencia/1467979840_406927.html

<http://www.elcomercio.es/agencias/201610/13/continua-estudio-volcan-hierro-793111.html>

<http://www.eldiariomontanes.es/agencias/201610/13/continua-estudio-volcan-hierro-793111.html>

<http://www.elnortedecastilla.es/agencias/201610/13/continua-estudio-volcan-hierro-793111.html>

<http://www.canarias7.es/articulo.cfm?Id=439101>

<http://www.earth-of-fire.com/2016/10/le-volcan-tagoro-dans-les-canaries.html>



<http://web.eldia.es/canarias/2016-10-31/8-Usa-muestras-volcanicas-Hierro-diseno-farmacos.htm>

http://www.ivoox.com/expediente-x-estudio-del-volcan-submarino-de-audios-mp3_rf_13365805_1.html

<http://www.agenciasinc.es/Noticias/Una-milesima-parte-de-las-emisiones-volcanicas-de-CO2-del-mundo-proceden-de-El-Hierro>

<http://www.canarias7.es/articulo.cfm?Id=419234>

<http://web.eldia.es/canarias/2016-05-11/16-volcan-submarino-produce-milesima-parte-emisiones-CO2-nivel-mundial.htm>

<http://www.20minutos.es/noticia/2744118/0/volc-submarino-hierro-produce-milesima-parte-emisiones-co2-nivel-mundial/>

<http://www.laopinion.es/sociedad/2016/05/11/milesima-parte-emisiones-volcanicas-co2/674441.html>

http://www.abc.es/sociedad/abci-volcan-submarino-hierro-sigue-emitiendo-201605111640_noticia.html

<http://www.ulpgc.es/noticia/milesima-parte-emisiones-volcanicas-co2-del-mundo-proceden-del-volcan-submarino-hierro>